Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXII. Jahrgang. **Fünftes Heft.** September 1909.

Beiträge zur Mechanik und Wärmelehre.

Von
Karl Fuchs in Preßburg.

1. Über Schwebekörper.

Unter einem Schwebekörper wollen wir einen Körper verstehen, der in einer Flüssigkeit weder untersinkt noch emporsteigt, also dasselbe spezifische Gewicht hat wie die Flüssigkeit.

Schwebekörper für Wasser habe ich mir gerne aus Glasröhrchen von etwa 7 cm Länge und 6 mm Durchmesser gemacht. Man schmelzt das eine Ende zu, zieht das andere Ende in eine Spitze aus, läßt etwas Wasser in das Röhrchen und schmelzt es zu. Ein solcher Schwebekörper oder Schwimmer schwebt nur in Wasser von bestimmter Temperatur. Durch Anschleifen eines Endes kann man den Schwimmer justieren. Man überzeugt sich leicht, daß eine Temperaturschwankung von einem Hundertstel Grad den Schwimmer schon bis an den Boden sinken oder bis an die Oberfläche steigen macht. Diese außerordentliche Empfindlichkeit kann man auf mannigfache Art nutzbar machen.

a) In Schulen ist es oft vorgeschrieben, daß die Zimmertemperatur im Winter zwischen zwei gewissen Schwellen, etwa zwischen 14° und 16°, liegen müsse. Das Klassenthermometer zeigt das wohl an; man sieht es aber nicht, wenn man nicht ganz nahe hintritt und genau hinsieht.

Man hilft sich auf folgende Weise. Man nimmt zwei etwa spannenlange Glasröhren, füllt sie mit Wasser und tut in die eine Röhre einen Schwimmer, der bei 14° schwebt, in die andere Röhre einen Schwimmer, der bei 16° schwebt, und schmelzt die Röhren zu. Die Schwimmer macht man nicht von durchsichtigem, sondern von weiß gefärbtem Glase, so daß man sie aus großer Entfernung sehen kann, die beiden Röhren aber befestigt man an einem Wandbrett. Wenn es im Schulzimmer zu kalt ist, sind beide Schwimmer ganz oben; wenn es zu warm ist, sind beide Schwimmer ganz unten; solange die Temperatur sich innerhalb der Toleranz hält, ist ein Schwimmer ganz oben, einer ganz unten. Das sieht man auch im größten Lehrsaale.

Solche Schwellenthermometer für Schulen verfertigt nach meinen Angaben Ferdinand Ernecke in Berlin.

b) Unter Schwellenthermometer im allgemeinen wollen wir ein (etwa spannenlanges) geschlossenes Glasrohr verstehen, das Wasser enthält, in dem sich ein Schwimmer befindet, der auf eine bestimmte Temperatur, auf eine bestimmte Schwelle, gestimmt ist.

In der Chemie ist es oft der Fall, daß die Temperatur in einem Raume oder in einer Flüssigkeit eine bestimmte Schwelle nicht überschreiten darf. Man kann in diesen Raum oder in diese Flüssigkeit außer dem Quecksilberthermometer auch noch ein entsprechendes Schwellenthermometer geben. Man erspart sich dann viel Mühe, denn solange die Temperatur noch tolerabel ist, steht der Schwimmer ganz oben; sowie die Temperatur aber auch nur um 0,01° die Schwelle überschreitet, sinkt der Schwimmer bis auf den Boden; das sieht man aber schon von weitem und ohne Sorg-

falt. Das Schwellenthermometer reagiert allerdings ziemlich langsam; aber auch die Temperaturänderungen sind ja nicht jäh.

c) Ein Schwebekörper entspricht eigentlich einer bestimmten Dichte, nicht einer bestimmten Temperatur der Flüssigkeit; der Temperatur entspricht er nur indirekt insofern, als mit der Temperatur die Dichte sich ändert. Bei behördlichen Untersuchungen (Kontrollen) von Flüssigkeiten kommt es in der Regel nicht darauf an zu messen, wie groß die Dichte der fraglichen Flüssigkeit ist, sondern nur darauf, ob die Dichte nicht eine gewisse Schwelle nach oben oder nach unten überschreitet. Das zu erkennen, braucht man kein Aräometer; da genügt ein amtlich geeichter Schwimmer, der nichts als ein Stückchen starkes Glasrohr, ein einfacher Glaskörper ist. Der Schwimmer befindet sich zweckmäßig in der Pipette selber, mit der man die Probe aushebt. So ein Schwimmer spricht eine viel klarere Sprache als ein Aräometer, denn er ist entweder ganz oben oder ganz unten, und das sieht auch der Ungeübteste.

d) Es ist wohl wenig bekannt, daß der Cartesianische Taucher das vollendetste Aräometer ist. Ein Kardinalmangel der gebräuchlichen Aräometer ist die Kapillarwirkung der Flüssigkeitsoberfläche. Diese störende Wirkung kann man so umgehen. Als Aräometer verwendet man einen Körper gleich einem offenen Thermometerglas: ein enges Glasrohr mit angeblasener Kugel oder angeblasenem Zylinder. In einer Flüssigkeit stellt sich das leere Glas natürlich mit der Kugel nach oben. Man kann diesen Schwimmer so justieren, daß er etwa in einer Flüssigkeit von der Dichte 1,1 schwebt. In einer dichteren Flüssigkeit wird er also nach oben steigen. Wenn man aber die Flüssigkeit wie beim Cartesianischen Taucher unter Druck setzt, dann wird von unten her Flüssigkeit in das Rohr des Schwimmers steigen, und endlich wird der Schwimmer sinken. Je dichter die Flüssigkeit ist, um so höher muß die Flüssigkeit im Rohr des Schwimmers steigen, und man kann am Rohr eine Skala anbringen, die die entsprechende Dichte anzeigt. Im Rohr ist allerdings jetzt auch der kapillare Meniskus am oberen Ende des Flüssigkeitsfadens vorhanden. Dieser Meniskus hat aber absolut keinen Einfluß auf das Steigen oder Fallen des Aräometers; die Kapillaritätsstörung ist also vollkommen ausgeschaltet.

2. Die Wage.

Die Wage hat gewöhnlich einen nach unten gerichteten Zeiger Z, der über eine bogenförmige Skala läuft. Man hat da eine große Erleichterung aus der Hand gegeben, wie gezeigt werden soll.

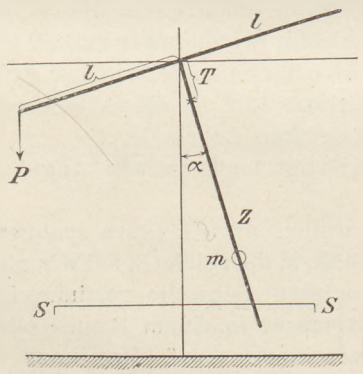


Fig. 1.

Eine Wage (Fig. 1) habe die Armlänge l, und der Schwerpunkt des leeren Wagebalkens vom Gewicht B liege in der Tiefe λ unter der Achse. Wenn man nun an die linke Schneide eine Last P hängt, dann dreht sich der Balken um einen Winkel α, und die Gleichgewichtsbedingung lautet:

$$Pl\cos\alpha = B\lambda\sin\alpha$$

oder

$$P = \frac{\lambda}{l}\cdot B\,\mathrm{tg}\,\alpha\,.$$

Wir sehen daraus, daß die homogene (gleichteilige) Skala S, über die der Zeiger läuft, horizontal und gerade sein muß. Der Zeiger zeigt dann das Gewicht P genau an, auch wenn der Ausschlag der Wage groß, also etwa 20° ist.

Man kann diesen Umstand etwa auf folgende Art verwerten. Der Skala gibt man eine Länge von etwa 10 cm, also 5 cm nach jeder Seite. Man kann dann etwa hundert Stufen ablesen. Wenn man im Schulversuch auf 0,1 g genau wägen will, dann be-

herrscht man also bei entsprechender Justierung auf der Skala ein Gewichtsintervall von 10 g. Um die Skala auf ein bestimmtes Gewichtsintervall (also etwa 10 g) einstellen zu können, gibt man dem Zeiger ein Laufgewicht m, das eventuell ausgewechselt werden kann. Je größer man das Laufgewicht wählt, und je tiefer man es am Zeiger befestigt, um so größer ist der Gewichtszuwachs, der einer Zeigerverschiebung von 1 mm entspricht. Bei den angenommenen Maßen braucht man also bei einer Wägung an die rechte Schneide nur Gewichtsstücke von je 10 g zu hängen; die Gramme und Dezigramme liest man (bald positiv, bald negativ) an der Zeigerskala ab. Man erspart sich so sehr viel lästige Arbeit.

Das Skalenblatt macht man zweckmäßig horizontal, so daß der Zeiger in einem Schlitz läuft; die Ablesung ist dann gewöhnlich bequemer und genauer.

Das Brett, die Fundamentplatte der Wage, ist oft sehr unbequem. Ich ziehe es vor, der Wage als Fundament ein schweres eisernes T zu geben; die Säule der Wage ist am Ende des mittleren Armes des T eingeschraubt.

3. Zweischneidenwage.

Ein Brett von etwa 100 cm Länge und 10 cm Breite (Fig. 2) steht auf zwei Schneiden $s_1\, s_2$ von etwa $L = 10$ cm Abstand. Auf dieses Brett vom bekannten Gewichte Q legen wir eine Last vom unbekannten Gewichte P, und es gilt, mittels des bekannten Laufgewichtes p das Gewicht P zu bestimmen.

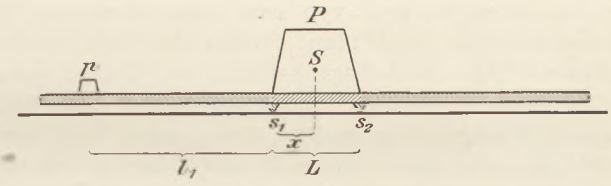


Fig. 2.

Das System Last + Brett hat einen Schwerpunkt S im Abstand x von der ersten Schneide s_1. Mittels des Laufgewichtes p äquilibrieren wir das System zuerst über der Schneide s_1, und da erhält p den Arm l_1. Es gilt dann:

$$p\, l_1 = (P + Q)\, x\,. \qquad 1)$$

Sodann äquilibrieren wir das System mittels des Laufgewichtes p auch über der Schneide s_2; p erhält da den Arm l_2, und es gilt:

$$p\, l_2 = (P + Q)\,(L - x)\,. \qquad 2)$$

Wenn wir die beiden Gleichungen addieren, dann fällt x aus:

$$p\,(l_1 + l_2) = (P + Q)\, L\,. \qquad 3)$$

Wenn wir L zur Längeneinheit der Skala nehmen, dann gilt einfacher:

$$p\,(l_1 + l_2) = P + Q\,. \qquad 4)$$

Es ist also wie bei der Dezimalwage ganz gleichgültig, wohin wir die Last P legen. Vom gefundenen Gewicht haben wir das Gewicht Q der Brücke abzuziehen.

Diese Zweischneidenwage erlaubt eine Menge Variationen, von denen wir einige behandeln wollen. —

Die beiden Lagen des Laufgewichtes haben voneinander einen Abstand l, so daß $l = l_1 + l_2 + L$ ist. Statt 3) können wir also schreiben:

$$p\,(l - L) = (P + Q)\, L$$

oder einfacher:

$$p\, l = (P + Q + p)\, L$$

oder, wenn L die Längeneinheit der Skala ist:

$$p\, l = P + Q + p\,.$$

Als Arm des Laufgewichtes haben wir also den Abstand l seiner beiden äquilibrierenden Lagen anzusehen, und vom gefundenen Gewicht haben wir Brücke und Laufgewicht abzuziehen. —

Wir haben bisher angenommen, daß die beiden Schneiden an der Brücke befestigt sind. Wir können aber auch annehmen, daß die beiden Schneiden an der Unterlage befestigt sind, und die Brücke ein einfaches Brett ist, das über die beiden Schneiden gelegt wird. Offenbar ändert das an den Formeln gar nichts. Es ist also nicht nur die Lage der Last zu den Schneiden, sondern auch die Lage der Brücke zu den Schneiden gleichgültig. Wir können also als Brücke irgendein Brett mit Meterskala nehmen.

Die Freiheit geht noch weiter. Wir brauchen nicht gerade die Lage des Schwerpunktes des Laufgewichtes auf der Skala abzulesen; wir können zur Ablesung auch den rechten Rand oder den linken Rand des Laufgewichtes verwenden; denn wenn die beiden Lagen des Schwerpunktes einen gewissen Abstand l haben, dann haben auch die beiden Lagen eines beliebigen Punktes des Laufgewichtes den Abstand l.

Die Firma Ferdinand Ernecke in Berlin-Tempelhof hat sich bereit erklärt, solche Wagen zu liefern.

4. Das Trägheitsmoment.

Das Trägheitsmoment $\Sigma m r^2$ wird auch in den Mittelschulen behandelt. In diesem Ausdruck $\Sigma m r^2$ ist r der Abstand eines Massenelementes m von der Drehungsachse eines Körpers von der Masse $M = \Sigma m$. Um das Trägheitsmoment zu veranschaulichen, sagt man häufig: das Trägheitsmoment ist (numerisch) gleich der Masse M', die im Achsenabstand $r = 1$ den Körper von der Masse M vertreten könnte.

Diese Form der Veranschaulichung halte ich für nicht zweckmäßig. Wenn wir vom Schwerpunkt sprechen, dann sagen wir, der Schwerpunkt wäre der Punkt, in dem wir die ganze Masse M des Körpers vereint denken können. Ähnlich würde ich der Veranschaulichung des Trägheitsmomentes diese Gleichung zugrunde legen:

$$\Sigma m r^2 = M R^2 \qquad 1)$$

Die Größe R nenne ich den Trägheitsradius[1]) und sage: Der Trägheitsradius R ist der Achsenabstand, in dem wir die ganze Masse M des Körpers vereint denken können. Noch besser in vielen Hinsichten ist der Satz: Irgendeinen Körper von der Masse M können wir ersetzen durch einen Ring von derselben Masse M, dessen Achse die Drehungsachse ist, und dessen Radius R durch die Gleichung 1) bestimmt ist. In der Maschinentechnik ist es häufig der Fall, daß man das Trägheitsmoment eines Stückes in Rechnung zu ziehen hat, und nicht immer ist das gerade ein Schwungrad. Die Formeln werden dann außerordentlich durchsichtig, wenn man das Trägheitsmoment stets in der empfohlenen Form $M R^2$ schreibt. Auch ist es dann viel leichter, die dynamischen Gleichungen aufzustellen.

5. Berechnung von Trägheitsmomenten.

Das Trägheitsmoment eines Ringes von der Masse M und dem Radius r in bezug auf eine Achse, die normal zur Ringebene durch den Mittelpunkt geht, ist bekanntlich

$$T_1 = \Sigma m r^2 = M r^2,$$

wo m die Masse eines Massenelementes ist.

Das Trägheitsmoment des Ringes in bezug auf einen Durchmesser finden wir so. Durch den Mittelpunkt des Ringes legen wir ein Achsenkreuz $x y$. In bezug auf die x-Achse ist das Trägheitsmoment:

$$T_2 = \Sigma m y^2.$$

In bezug auf die y-Achse ist das Trägheitsmoment:

$$T_2 = \Sigma m x^2.$$

[1]) Anm. der Redaktion. Die Einführung des Trägheitsradius ist in England allgemein üblich und verdient auch bei uns Beachtung.

Durch Addition finden wir:

$$2\,T_2 = \Sigma\, m\,(x^2 + y^2) = \Sigma\, m\, r^2 = T_1\,.$$

Also:

$$T_2 = \frac{1}{2}\,T_1\,.$$

Das Trägheitsmoment um den Diameter ist also halb so groß als das Moment in bezug auf die geometrische Achse.

Das Trägheitsmoment einer Kugelschale in bezug auf einen Durchmesser finden wir so. Wir legen durch den Kugelmittelpunkt ein Achsenkreuz $x\,y\,z$. Wenn wir für jede Achse einzeln das Moment anschreiben, dann finden wir die drei Ausdrücke:

$$T_3 = \Sigma\, m\,(x^2 + y^2) \qquad T_3 = \Sigma\, m\,(y^2 + z^2) \qquad T_3 = \Sigma\, m\,(z^2 + x^2)\,.$$

Wenn wir addieren, dann finden wir:

$$3\,T_3 = 2\,\Sigma\, m\,(x^2 + y^2 + z^2) = 2\,\Sigma\, m\, r^2 = 2\,M\,r^2$$

oder:

$$T_3 = \frac{2}{3}\,M\,r^2\,.$$

Das Trägheitsmoment einer Kugelschale in bezug auf einen Durchmesser beträgt also zwei Drittel des Trägheitsmomentes eines Ringes von gleicher Masse M und gleichem Radius r in bezug auf die geometrische Achse.

6. Das Wärmeäquivalent.

Auf elektrischem Wege kann man bekanntlich Temperaturunterschiede von $0{,}001^0$ und selbst $0{,}0001^0$ sicher messen. Wo man irgendein empfindliches Differenzthermometer zur Verfügung hat, kann man das Wärmeäquivalent fast fehlerfrei auf folgende Art bestimmen.

In eine Hartgummi-Platte P (Fig. 3) sind zwei ganz gleiche Apparate I und II eingelassen. Beide sind nichts anderes als oben offene Rohre mit doppelten Wänden. Die äußere Wand enthält viele Hundert sehr feine Bohrungen. In den Zwischenraum etwa des rechten Apparates (I) wird Flüssigkeit (Wasser der Wasserleitung oder besser Öl) unter hohem, durch ein Manometer ständig kontrollierten Druck gepreßt. Die Flüssigkeit spritzt in feinen Strahlen durch die feinen Öffnungen und erwärmt sich; sie gelangt in die innere Wanne A, umspült den linken Apparat, gelangt dann ganz links in die äußere Wanne B, umspült nach rechts fließend die innere Wanne und fließt ganz rechts in verschiedenen Höhen ab, so daß die Flüssigkeitsströmung im ganzen Apparat in allen Höhen gleichmäßig erfolgt.

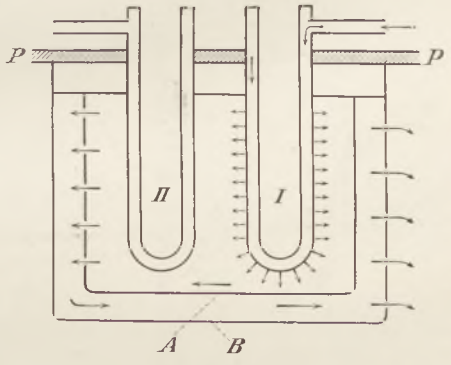


Fig. 3.

Im Raume I herrscht dann die Temperatur der Flüssigkeit vor der Erwärmung durch Reibung, im Raume II aber die Temperatur nach der Erwärmung, und in diese Räume führt man die temperaturempfindlichen Elemente ein. Nach einigen Stunden kann man die Stromrichtung umkehren, indem man die Flüssigkeit in den linken Apparat leitet. Auch die Wannen müssen dann gedreht werden. Wenn man auf eine Umkehrung der Strömung verzichtet, dann ist am linken Rohre die poröse Wand überflüssig.

Bei diesem Apparate sind die Fehlerquellen auf ein Minimum reduziert. Man hat den Vorteil, den Versuch beliebig lang, tagelang laufen zu lassen, und der Zustand bleibt doch vollkommen stationär. Man hat auch den Vorteil, mit den Mittelwerten, d. i. mit dem mittleren Druck und den mittleren Temperaturen, rechnen zu können.

Wenn man als Flüssigkeit Wasser nimmt, und die Leitung 5 Atmosphären Druck hat, dann beträgt die Erwärmung durch Reibung etwa 0,1°; wenn man Öl nimmt, beträgt die Erwärmung etwa 0,5°. Um das Öl in den Apparat zu pressen, braucht man keinen besonderen Pumpapparat; man kann das Öl aus dem geschlossenen Ölgefäß durch zugeleitetes Leitungswasser pressen lassen. Man braucht dann zwei alternierend wirkende Ölbehälter: während der eine sich leert, füllt sich der andere. Leider hat Öl auch Nachteile.

Versuche für Schülerübungen.

2. Hebel und Rollen.

Von

Gg. Heinrich in Neustadt a. d. Haardt.

In dieser Zeitschrift (21, 240; 1908) wurde auf die Verwendung eines runden Stahlstäbchens als Kraftzeiger für Versuche über das Kräfteparallelogramm hingewiesen. Wie ich höre, haben diese Versuche schon an verschiedenen Schulen ihren Weg in die Übungen gefunden. Ich möchte mir daher erlauben mitzuteilen, wie ich diesen Stabkraftzeiger noch anderweitig, und zwar für Versuche über Hebel und Rollen, verwende.

„Der Unterricht soll so weit als irgend möglich an die in der Natur sich abspielenden Vorgänge anknüpfen und von den auf Grund von Experimenten gewonnenen Erfahrungen ausgehen.“ So heißt es in unserem neuen bayrischen Lehrplan für die Real- und Oberrealschulen; jeder Physiker wird sich diesen Forderungen mit Freuden anschließen, beim Hebel kann man ihnen besonders leicht gerecht werden. Jeder Schüler hat schon einmal an einer Hebelschaukel, wie sie ein über einen Balken od. dgl. gelegtes Brett darstellt, Versuche gemacht und bringt also die Erfahrung mit, daß beim Hebel die Drehwirkung einer Kraft außer von ihrer Größe auch von ihrem Hebelarm abhängt. Das Gesetz dieser Abhängigkeit soll der Schüler durch Versuche selbst finden. Die Versuche sollen ihn aber auch darauf führen, zu beobachten, welche Rolle die Hebelstange selbst und die Drehachse spielen. Diese beiden wesentlichen Punkte kommen bei den Versuchsgeräten, wie sie zur Vorführung im Unterricht ja in so schöner Form uns dargeboten werden, nicht zu ihrem Recht. Mehr ist dies der Fall bei den Versuchen für Schülerübungen, die ich hier beschreiben will.

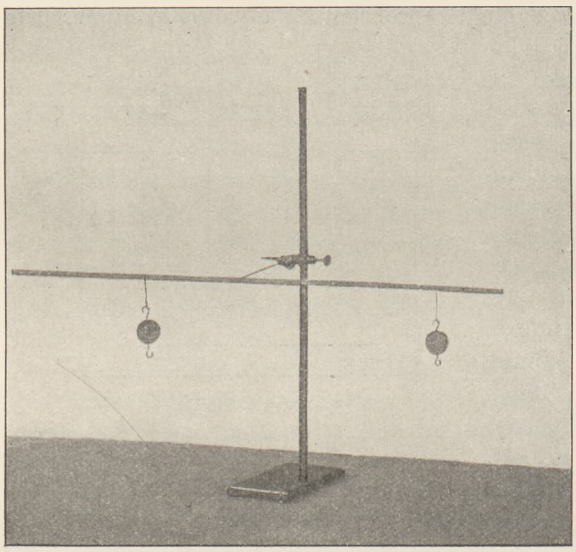


Fig. 1.

Das Stahlstäbchen (a. a. O. S. 241) wird in wagerechter Richtung an dem Bunsenständer festgeklemmt. Es dient als Drehachse für eine Hebelstange aus leichtem

Holz; den Querschnitt der Hebelstange wähle ich etwa $1 \times 0{,}5$ cm (s. Fig. 1 u. 2). Das Korkstückchen am Ende des Stahlstäbchens verhindert ein Abrutschen der Hebelstange nach vorn. Über das Holzstäbchen werden Schlingen aus Nähfaden geschlungen und in diese Schlingen die Hakengewichte (a. a. O. S. 242) eingehängt. Die Schlingen werden dann so lange verschoben, bis Gleichgewicht herrscht. Der Schüler mißt die Hebelarme mit dem m-Stab ab, den er an die Hebelstange anlegt, und schreibt sich Kräfte und Hebelarme auf. Werden in dieser Weise mehrere Versuche mit verschiedenen Kräften gemacht, so drängen sich dem Schüler zugleich zwei Beobachtungen auf. 1. Die Hebelstange biegt sich durch, vielleicht bricht sogar einmal eine Stange, und ein solcher Unfall wird dann freudig begrüßt, zeigt er doch, daß die Festigkeit des Hebels eine wesentliche Rolle spielt. 2. Die Drehachse, das Stahlstäbchen, biegt sich auch, und zwar um so mehr, je größer die Belastung des Hebels ist. Die Biegung der Achse wird nun weiter verfolgt. Zu diesem Zwecke versehen wir das Stahlstäbchen mit einer Verlängerungsstange. Diese besteht einfach aus einem Stück Draht, das vorn spitz zugefeilt und hinten zu einer Spirale gebogen ist; diese Spirale wird auf das Ende des Stabkraftzeigers geschoben. Das spitze Ende des Verlängerungsdrahtes spielt über der Teilung eines m-Stabes, den wir senkrecht aufstellen (Fig. 2). Aus der Figur geht hervor, daß der m-Stab mit einer Schraubzwinge zwischen zwei Brettchen ($10 \times 10 \times 2$ cm) festgeklemmt wird; die Brettchen und eine Kante der Schraubzwinge sichern ihm einen genügend festen Stand. Zunächst eichen wir nun den Stabkraftzeiger. Wir hängen an sein Ende Gewichte, lesen die Biegungspfeile ab und zeichnen die Eichungskurve, eine Gerade. Die Schüler sind von früher her mit diesen Versuchen schon vertraut. Dann werden die Hebelversuche wiederholt und besonders darauf geachtet, daß die Biegung des Stahlstäbchens von der Länge der Hebelarme unabhängig ist.

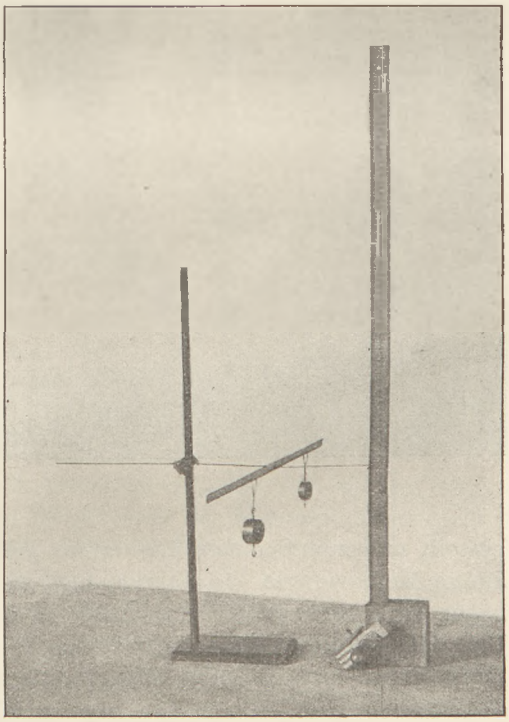


Fig. 2.

Die Biegung zeigt nun eine an der Drehachse angreifende Kraft an. Entnimmt man die Größe dieser Kraft aus der Eichungskurve, so sieht man, daß diese Resultante gleich der Summe der am Hebel wirkenden Kräfte ist. Dieselben Versuche lassen sich sofort auch für den einarmigen Hebel durchführen und sind für diesen besonders wichtig. Die Anordnung ist in Fig. 3 gezeichnet. Über der Hebelstange ist am Bunsenständer ein Eisenstab festgeklemmt, und dieser trägt die Rollen für die nach oben wirkenden Kräfte. m-Stab und Verlängerungsstange sind der Einfachheit halber in der Zeichnung weggelassen.

Auf der Unterstufe wird man sich mit den angedeuteten Versuchen wohl meist begnügen. Will man aber auch die Wirkung von Kräften, die mit der Hebelstange andere als rechte Winkel bilden, untersuchen, so bleibt unsere Versuchsanordnung natürlich völlig verwendbar. Wir brauchen nur die Schraubzwingen mit Rollen (a. a. O. Fig. 3) zu Hilfe zu nehmen und die Spitze der Verlängerungsstange unseres Kraftzeigers über einem Bogen quadrierten Papieres spielen zu lassen (a. a. O. Fig. 4).

Daß bei Rolle und Flaschenzug das Seil die Hauptsache ist, dürfte nach Grimsehls Vorgang jetzt wohl allgemein in den Schulen betont werden. Will man durch Versuche ermitteln, wie die Aufhängevorrichtungen beansprucht werden, so kann man an den Bunsenständer selbst oder an die Querstange von Fig. 3 die Stabkraftzeiger festklemmen und die Rollen an diesen aufhängen.

Ich möchte noch etwas bemerken. Eine große Schwierigkeit bei der Durchführung von Schülerübungen „in gleicher Front“ liegt darin, daß die einzelnen Gruppen nie zu gleicher Zeit fertig werden. Man wird die rascher und geschickter arbeitenden Gruppen einige Versuche mehr machen lassen und dadurch und durch andere Maßnahmen einen gewissen Ausgleich erzielen können, aber ein Fertigwerden zu genau gleicher Zeit ist fast nie zu erreichen, es ist in den meisten Fällen auch nicht einmal wünschenswert. Wie sind nun die Schüler, die früher mit den Versuchen zu Ende kommen, zu beschäftigen? Ich habe da folgendes erprobt. Während der Versuche machen die Schüler ihre Aufzeichnungen und Skizzen in kleine Büchlein, die sie in der Hand halten. Auf Grund dieser Aufzeichnungen werden dann die Einträge ins Physikheft gemacht. Eine Zeichnung und ein paar erläuternde Worte sollen hier die Versuchsanordnung in Erinnerung bringen, die Messungen werden übersichtlich in Tafeln zusammengestellt und zum Schlusse das daraus gezogene Ergebnis in knapper Form festgelegt. Junge Leute von 14—16 Jahren, und um solche handelt es sich auf der Unterstufe, haben aber noch keine Gewandtheit in der Anordnung von Zeichnungen und Tafeln. Um den Schülern diese Anordnung zu erleichtern, lege ich ihnen anfänglich die Zeichnungen und Tafeln in Musterblättern vor. Ist nun eine Gruppe fertig, und sind die Versuche von mir geprüft, so kann diese Gruppe im Physiksaal, der neben dem Arbeitsraum liegt und mit diesem durch eine Türe und ein Fenster verbunden ist, die Musterblätter betrachten und dann in Erinnerung an das Gesehene mit den Eintragungen ins Physikheft beginnen.

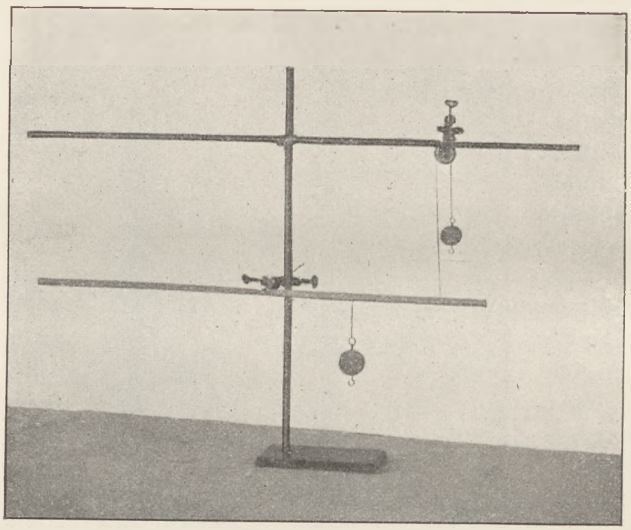


Fig. 3.

Zum Schlusse wäre noch zu erwähnen, daß die Kosten für die beschriebenen Versuche sehr gering sind. Die meisten Sachen sind schon bei den Versuchen über das Kräfteparallelogramm benützt. Ein m-Stab gehört zur Ausrüstung eines jeden Arbeitsplatzes. Die Hebelstangen sind um ein paar Pfennige zu haben, und die Eisenstangen (Fig. 3) kosten etwa 30 Pf. das Stück. Diese Stangen sind 1 m lang. Wir haben auf denselben eine dm-Teilung eingefeilt; sie finden außer bei den beschriebenen Versuchen noch anderweitig Verwendung.

Beiträge zur elementaren Theorie des Hohlspiegels und der Linse[1]).

Von

V. Dvořák in Agram.

A. Bild der Sonne und des Mondes.

Nicht nur Anfänger, sondern auch Lehrbücher (!) behaupten, daß die auf einen Hohlspiegel oder Linse auffallenden Sonnenstrahlen sich in einem „Punkte" vereinigen, nämlich dem Brennpunkt[2]). Daß man dann in den Fernrohren die Sonne (und auch den Mond) als bloße Punkte sehen müßte, daran denkt natürlich niemand[3]).

Die Schuld daran tragen in erster Linie die Lehrbücher, welche von der Abbildung sehr entfernter Objekte konsequent schweigen, obwohl ohnedem ein richtiges Verständnis des Fernrohres nicht möglich ist; ja sie verlegen dem Anfänger geradezu den Weg zum Verständnis, indem sie stets nur von einem Brennpunkte sprechen, statt von unendlich vielen. Da ein Hohlspiegel unendlich viele Achsen hat, muß er auch unendlich viele Brennpunkte haben, die alle auf einer Kugelfläche liegen, die man mit einer Ebene vertauschen kann (der Brennebene), da ja die Öffnung des Hohlspiegels sehr klein angenommen wird.

Aber auch eine Linse hat unendlich viele Achsen, unendlich viele Brennpunkte und eine Brennebene.

Um dem Anfänger die Abbildung sehr entfernter Objekte beim Hohlspiegel zu erklären, nehme man als Objekt den gestirnten Himmel.

Es sei (Fig. 1) S'_∞ ein Stern; sein Bild wird sich im Brennpunkt F' befinden; das Bild vom Sterne S''_∞ ist im Brennpunkt F''. Fig. 2 zeigt dieselbe Konstruktion für eine Linse.

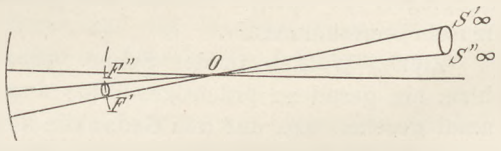


Fig. 1.

Es sei nun $S'_\infty S''_\infty$ die Sonne: dann nehme man am oberen Rande der Sonne einen leuchtenden Punkt, den man als Stern betrachten kann, ebenso am unteren Rande. Der Durchmesser des Sonnenbildes ist $F'F''$.

Dieselbe Konstruktion gilt für jedes sehr entfernte Objekt; es kann z. B. S'_∞ den Gipfel eines sehr entfernten Berges bedeuten, ebenso S''_∞[4]); man sieht, daß die Konstruktion sehr entfernter Objekte einfacher ist als die nahe gelegener.

Für die Sonne (und im Durchschnitt auch für den Mond) ist der Winkel $S'_\infty O S''_\infty$ angenähert 32′; der Durchmesser des Sonnenbildes $F'F''$ ist also $= F'O \times arcus\ 32'$.

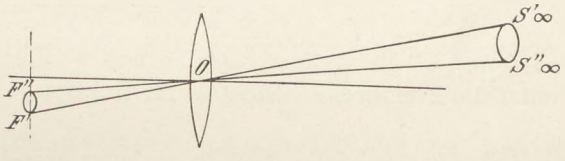


Fig. 2.

Nun ist arcus 32′ angenähert $= 1/100$ (in Wirklichkeit um etwa 7 % kleiner). Es gilt also für Hohlspiegel und Linse folgender Satz: „Der Durchmesser des Sonnenbildes ist angenähert gleich dem $1/100$ Teil der Brennweite"[5]). Man

[1]) Nach einer Mitteilung des Verfassers im „Nastavni vjesnik", Bd. XVI, Heft 6, 1908; der Vollständigkeit wegen mußte auch Bekanntes erwähnt werden.

[2]) So z. B. das in vielen Auflagen gedruckte Lehrbuch von J. Wallentin.

[3]) Dafür glauben die meisten Leute aus dem großen Publikum, daß in den heutigen Riesenfernrohren die Fixsterne vergrößert erscheinen, also als mehr oder minder große Scheiben.

[4]) Die Entfernung des Bildes vom Brennpunkte berechnet man am besten nach der Newtonschen Formel $\varphi\varphi' = f^2$; φ ist die Entfernung des Objektes, φ' die des Bildes vom Brennpunkt, f die Brennweite. Ist φ sehr groß gegen f, so verschwindet φ', d. h., das Bild fällt (praktisch) in den Brennpunkt.

[5]) Derselbe Satz gilt auch, wenn man das Sonnenbild mit Hilfe einer kleinen Öffnung ohne Linse erzeugt (Lochkamera), nur ist dann OF' die Entfernung des Schirmes von der Öffnung.

sollte diesen einfachen Satz in die Lehrbücher aufnehmen, damit endlich die so verbreitete irrige Meinung verschwinde, „daß sich die Sonnenstrahlen im Brennpunkte vereinigen".

Bei dem Pariser Riesenfernrohr beträgt die Brennweite des Objektivs 60 m, der Durchmesser des Sonnenbildes also 60 cm (genauer um 7 % weniger, also 55,8 cm).

Ein weiterer Grund für die früher erwähnte irrige Auffassung der Anfänger liegt darin, daß man ihnen fast nie das von einer Linse größerer Brennweite entworfene Sonnenbild zeigt, obwohl das sicher einer der wichtigsten optischen Versuche ist; höchstens läßt man auf eine Linse kleiner Brennweite Sonnenlicht auffallen, wobei das Sonnenbild sehr klein und so blendend hell ist, daß man es unmöglich beobachten kann, selbst wenn man es auf einem schwarzen Schirme auffängt. Für den Anfänger erweckt das den Schein, als ob sich die Sonnenstrahlen wenigstens angenähert in einem Punkte vereinigen.

Man nehme zu dem Versuche eine Linse von 3—4 m Brennweite[6]) und fange das Sonnenbild auf einer schwach berußten Glasplatte auf; man kann es dann leicht beobachten und messen, um sich von der Richtigkeit des früher besprochenen Satzes (Durchmesser = $^1/_{100}$ Brennweite) zu überzeugen. (Passende Aufgabe für Schülerübungen.) Man muß einen Zeitpunkt abwarten, wenn die Sonne niedrig am Himmel steht, da sonst die Anstellung des Versuches Schwierigkeiten bereiten würde. Sonst müßte man einen Heliostaten verwenden, und zwar entweder mit an der Vorderfläche versilbertem Spiegel oder noch besser mit schwarzem Glasspiegel; die Spiegel müssen von guter Qualität sein, da sie sonst das Sonnenbild allzusehr verstümmeln[7]).

Ziehen Wolken an der Sonne vorbei, so gewährt das Ganze am Projektionsschirm ein geradezu prächtiges Bild; auch wird kein Anfänger, der diesen Versuch einmal gesehen hat, auf den Gedanken kommen, das Sonnenbild sei ein bloßer Punkt.

Steht die Sonne niedrig, so sieht man auf dem Schirm noch ein Stück der Landschaft; da der Heliostat dann entbehrlich ist, wird man immer ein gutes Bild erhalten.

B. Vergleichung des Hohlspiegels mit der Linse.

Bekanntlich sind die Gleichungen

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{u'} = \frac{1}{f}, \qquad \frac{v}{u} = \frac{v'}{u'},$$

wo u und u' die Entfernungen, v und v' die Größen des Objektes und des Bildes und f die Brennweite bedeuten, für Hohlspiegel und Linse identisch. Daß sie identisch sein müssen, erkennt der Anfänger sofort aus einer passend ausgeführten Konstruktion. In der Fig. 3 ist links ein Hohlspiegel, c ist sein Krümmungsmittelpunkt, F der Brennpunkt; $a\,b$ sei ein leuchtendes Objekt. Um das Bild zu konstruieren, nimmt man den Strahl *III* durch c und den Strahl *I* parallel zur Achse! Den Strahl *II*, für welchen man den reflektierten Strahl *3'* leicht findet, wenn man

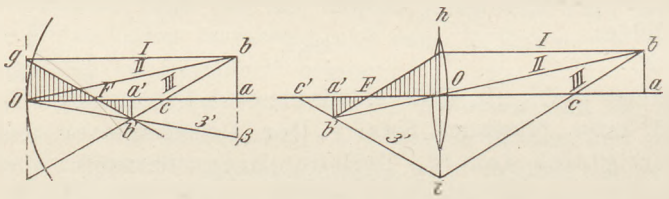


Fig. 3.

[6]) Max Kohl in Chemnitz fertigt plankonvexe Linsen von 4 m Brennweite und 10 cm Durchmesser zum Preise von 27,50 M; so eine Linse gibt einen guten Begriff von den alten Fernrohrobjektiven, wie sie vor Erfindung der achromatischen Linse gebräuchlich waren. Der Durchmesser des Sonnenbildes ist angenähert = 4 cm.

[7]) Kohl fertigt schwarze Glasspiegel (auf beiden Seiten poliert), 23 cm lang, 10,5 cm breit, zum Preise von 33,— M; ein ebenso großes Stück Spiegelglas, hinten geschwärzt, kostet 3,30 M.

$a\beta = ab$ macht (wodurch der Winkel $bOa = \beta Oa$ wird), vernachlässigt man mit Unrecht durchaus in den Lehrbüchern, obwohl mit seiner Hilfe die Gleichung $\frac{v}{u} = \frac{v'}{u'}$ sofort aus der Figur ersichtlich ist[8]), die man sonst nur auf Umwegen zu beweisen pflegt.

Dafür macht man regelmäßig beim Strahl I einen groben Fehler, indem man gewöhnlich den Punkt b recht weit von der Achse nimmt, etwa so, wie es Fig. 4 zeigt, dann für bd als reflektierten Strahl dF annimmt, trotzdem man den Schüler lehrt, daß solche Strahlen wegen der sphärischen Abweichung nicht den Brennpunkt treffen können. Will man den Strahl I dennoch zur Konstruktion benutzen, so muß man bekanntlich an O eine Tangentialebene legen und den Strahl I bis g verlängern und gF als reflektierten Strahl ansehen: nur dann gelten die oben angesetzten zwei Gleichungen. Man sieht aus der Figur, daß der Fehler durchaus nicht klein ist, indem man anstatt des richtigen, durch die Strahlen II und III bestimmten Bildes b' das Bild b'' erhält, wenn man wie gewöhnlich außer I noch den Strahl III verwendet[9]).

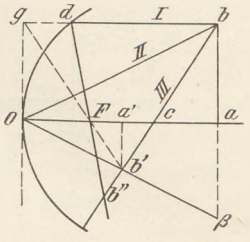


Fig. 4.

Kehren wir nun wieder zu Fig. 3 zurück, wo für die Linse die Konstruktion rechts ausgeführt ist: Oc ist $= Oc' =$ der doppelten Brennweite der Linse; da c' bekanntlich das Bild von c ist, so muß der durch c gehende Strahl III nach der Brechung durch c' hindurchgehen.

Man sieht sofort, daß man von der Linse auf den Hohlspiegel kommt, wenn man den links von hi befindlichen Teil der für die Linse geltenden Figur um hi als Ache um 180° nach rechts dreht.

Man sieht auch weiter, daß dem durch die Linsenmitte O gehenden Strahl II der sonst beim Hohlspiegel vernachlässigte, ebenfalls mit II bezeichnete Strahl entspricht; dem wiederum beim Hohlspiegel bevorzugten, durch den Krümmungsmittelpunkt c gehenden Strahle III entspricht wieder der bei der Linse gänzlich vernachlässigte Strahl III, der durch den Punkt c geht, wo, wie gesagt, $Oc = Oc' =$ der doppelten Brennweite der Linse ist. Übrigens muß man auch bei der Linse die Ordinate ab vielfach vergrößert annehmen (was aber die Lehrbücher verschweigen) und als Grundlage der Konstruktion eine durch die Mitte der Linse gehende Ebene annehmen, die die Stelle der Tangentialebene Og beim Hohlspiegel vertritt.

C. Die Hauptpunkte bei der plankonvexen und symmetrischen Linse.

Es sei in Fig. 5 L eine plankonvexe Linse und O ihr Scheitel. Für jeden einfallenden Strahl gO ist der austretende Strahl hi parallel, indem die Tangentialebene in O mit der ebenen Fläche der Linse parallel ist.

Verlängert man den gebrochenen Strahl hi nach rückwärts, so schneidet er die Ache im Punkte k, wo $Ok = \frac{1}{3} Om$ ist für den Brechungsindex $= \frac{3}{2}$, unter der Voraussetzung, daß der Winkel der Strahlen mit der Ache klein ist.

Es ist nämlich im Dreiecke Okh

$$Oh : kh = \sin mkh : \sin mOh = \text{Brechungsindex} = \frac{3}{2};$$

[8]) Es ist nämlich $\Delta Oa'b' \sim Oa\beta$ und $ab = a\beta$.

[9]) Der Beweis, daß man gF als reflektierten Strahl für I annehmen müsse, ist folgender. Die früher angeführten Formeln gelten nur, wenn b, also auch der Strahl I unendlich nahe zur Achse sind (dann fallen die Punkte d und g zusammen); aber dann wäre die Konstruktion so gut wie unausführbar. Man denke sich daher die Ordinate ab im vergrößerten Maßstabe gezeichnet; in demselben Verhältnisse wird auch $a'b'$ größer: dies führt auf die angegebene Konstruktion.

da nun beide Winkel sehr klein sind, so ist

$$O h = O m,$$
$$k h = k m,$$

woraus

$$O m : k m = 3 : 2$$

folgt. Alle Strahlen also, die vor der Linse auf den Punkt O treffen, gehen nach der Brechung rückwärts verlängert durch den Punkt k (k ist das Bild von O); auch ist der austretende Strahl parallel zum eintretenden; O und k sind die „Hauptpunkte" der Linse; die Dicke der Linse braucht nicht unendlich klein zu sein, damit $O k = {}^1/_3 O m$ wird.

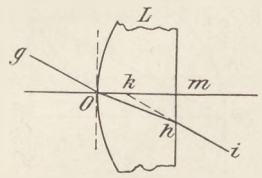


Fig. 5.

Für die symmetrische Linse Fig. 6 nehme man einen Strahl $a h$ durch die Mitte der Linse; dann sind wieder die Tangentialebenen in a und in h parallel, also der austretende Strahl $h i$ parallel zum eintretenden $g a$. Man verlängere den Strahl $h i$ nach rückwärts; wäre $m h$ eine zur Linsenachse senkrechte Gerade, so wäre ebenso wie früher

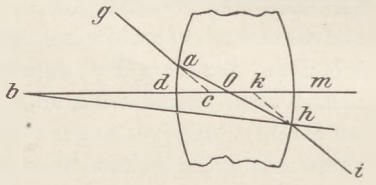


Fig. 6.

$$O k = \frac{1}{3} O m$$

(wie in Fig. 5, wo dieselben Buchstaben vorkommen). Nimmt man jedoch $O m$ sehr klein gegen den Halbmesser $m b$ der sphärischen Linsenfläche, so verschwindet der Winkel $m b h$ gegen den Winkel $m O h$, so daß man $m h$ als eine auf $b m$ senkrechte Gerade betrachten kann; somit ist wieder

$$O k = \frac{1}{3} O m$$

$$O c = \frac{1}{3} O d;$$

c und k sind dann die Hauptpunkte der symmetrischen Linse, welche unendlich dünn sein muß, wenn $d c = c k = k m = {}^1/_3 d m$ sein soll.

Die Gleichungen

$$O k = \frac{1}{3} O m$$

$$O c = \frac{1}{3} O d$$

gelten, wie man sieht, für jede dünne bikonvexe Linse, auch wenn sie nicht symmetrisch ist, nur ist dann nicht $O m = O d$. Den Punkt O (optischen Mittelpunkt) kann man leicht durch eine Konstruktion finden, die sich in dem bekannten Lehrbuch von Wallentin befindet.

Die Bestimmung des magnetischen Momentes eines Magneten und der Horizontalintensität des Erdmagnetismus.

Von

A. H. Borgesius in Haag.

1. Es sind in den letzten Jahren viele Versuche gemacht, eine für den Schulunterricht geeignete Methode zu finden für die Bestimmung der Horizontalintensität des Erdmagnetismus H und des magnetischen Moments M eines Magneten. Eine Übersicht der früheren Literatur über diesen Gegenstand gab Herr Grimsehl[1]), der gleich-

[1]) Diese Zeitschr. **16**; 334 (1903).

zeitig wieder einen neuen Apparat beschrieb. Später gaben noch Kuhfahl[2]), Ruoss[3]), der zugleich eine Übersicht der verschiedenen Methoden gab, Russner[4]), Noack[5]), Fr. C. G. Müller[6]) Meßmethoden und Apparate an.

Im allgemeinen trachtet man, die Gaussschen Schwingungsbeobachtungen zur Messung von $M \times H$ zu umgehen, da diese schwierig zu verstehen und auszuführen sind. An die Stelle dieser dynamischen Methode wird eine statische gesetzt; wobei mit „Polwage", „Polpendel" oder „Dynmesser" entweder MH oder auch die Polstärke m einer Nadel gemessen wird. Letztere Methode scheint die einfachste, sie stützt sich auf das Coulombsche Gesetz und soll zugleich auch noch nebenbei die Gültigkeit dieses Gesetzes beweisen. Wie aus den Angaben von Grimsehl und Ruoss selbst, die diese Meßmethode bevorzugten und ausarbeiteten und aus den Resultaten Haffners[7]), der das Russnersche Polpendel einer genauen Untersuchung unterwarf, folgt, stößt man aber bei der Ausführung dieses Verfahrens auf allerhand Schwierigkeiten. Die Fehler und die scheinbaren Abweichungen vom Coulombschen Gesetze sind so groß und augenfällig (wenn man nicht sich zwischen engen vorher zu bestimmenden Polabständen beschränkt), daß sowohl technisch wie didaktisch diese Methode nicht empfehlenswert und die von Fr. C G. Müller gegen sie geführte Kritik berechtigt scheint[8]). Auch aus einer späteren Untersuchung von Ruoss[9]) geht dies hervor; hier wird gezeigt, daß selbst zwischen den bestimmten Grenzen, wo das Coulombsche Gesetz gültig scheint, doch noch statt der wirklichen Polstärke der benutzten Nadel eine „äquivalente Polstärke" von etwa $^4/_5$ des Betrages eingesetzt werden muß. Von absoluten Messungen kommt so, wenn nicht allerlei schwer begreifliche und mühsame Korrektionsrechnungen ausgeführt werden, nicht viel mehr heraus.

Die Messung von $M \times H$ mit Polwage oder Pendel dagegen scheint zwar etwas schwieriger wegen der Kleinheit der auftretenden Kräfte, ist aber bei guter Ausführung der Apparate sehr wohl möglich. Die Theorie der Instrumente ist höchst einfach, und Korrektionen sind nicht anzubringen. Auch der nahe Anschluß an geradezu klassische Methoden ist ein nicht gering zu schätzender Vorzug dieses Weges.

Bei allen oben genannten Apparaten wird aus Ablenkungsversuchen mit einer Bussole weiter der Quotient M/H gefunden; ausgenommen bei Russner, der auch hier m/H bestimmt, sich stützend auf das Coulombsche Gesetz.

Die große Wichtigkeit der zu bestimmenden Größen veranlaßte mich, noch einen Versuch zu wagen, eine wirklich einfache und elementare Lösung der Aufgabe zu finden, welche sich zugleich so nahe wie möglich der Gaussschen Methode anschließt. Mit der im folgenden beschriebenen Anordnung, größtenteils aus in vielen Sammlungen schon vorhandenen Apparaten zusammengestellt, erhielt ich schließlich sehr befriedigende Resultate und wage es deshalb, hier nach so vielen zum Teil originellen und auch brauchbaren Lösungen anderer noch die meinige zu veröffentlichen.

2. Zur Messung von $M \times H$ konstruierte ich eine Polwage nach Art des schon von Kuhfahl beschriebenen, von Töpler herrührenden Apparates.

Zwei große magnetisierte Stricknadeln (ca. 45 cm lang) sind in geringem Abstande von einander an einer feinen, senkrecht zu ihrer Ebene stehenden Stahlachse befestigt[10]). Die horizontale Achse lagert mit feinen Spitzen in Achatsteinen und

[2]) Diese Zeitschr. **17**; 1 (1904). — [3]) Diese Zeitschr. **19**; 89 (1906). — [4]) Diese Zeitschr. **20**; 172 (1907). — [5]) Noack, Schülerübungen, S. 103. — [6]) Fr. C. G. Müller, Technik des physik. Unterr., S. 218. — [7]) Diese Zeitschr. **21**; 383 (1908). — [8]) Diese Zeitschr. **20**; 371 (1907). — [9]) Diese Zeitschr. **21**; 304 (1908).

[10]) Achse für Drehspulvoltmeter.

wird von einer an ein Holzstativ geschraubten Messinggabel getragen (Fig. 1). Senkrecht zu den Magnetnadeln *cc* (Fig. 2) steht einerseits ein 10 cm langes leichtes Zentimetermaß aus Holz *a*, andererseits eine Regulierschraube *b*, mit welcher das Nadelpaar, während die Drehungsachse in die magnetische Meridianebene gestellt ist, genau vertikal zu stellen ist. Der am unteren Ende des Nadelpaares befestigte Zeiger muß dann über einer an der Fußplatte befindlichen Schneide einspielen[11]). In dieser Stellung hat die Horizontalkomponente des Erdmagnetismus keinen Einfluß, die Nadel stellt sich vertikal unter der Einwirkung der Vertikalkomponente und der Schwere. Wird jetzt das

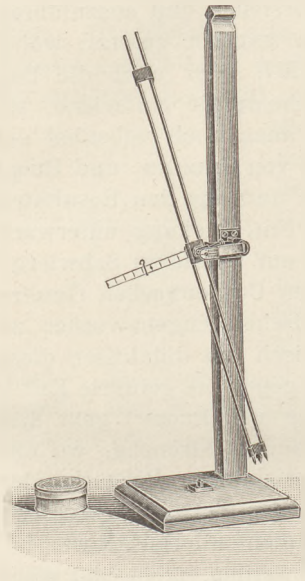


Fig. 1.

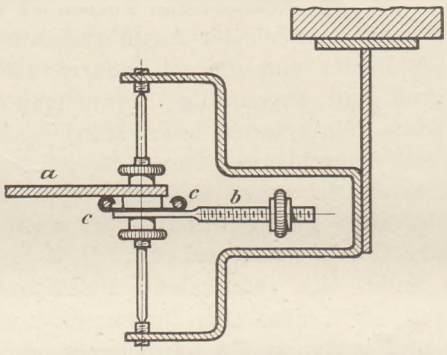


Fig. 2.

auf einem horizontalen Tische stehende Stativ um 90° gedreht (um dies auszuführen, ist der Meridian durch einen Kreidestrich angegeben), so schlägt die Nadel durch das Kräftepaar der Horizontalkomponente 10° bis 20° aus. Ein kleines Reitergewicht von $p = 100$ dyn (102 mg), auf das Zentimetermaß gelegt, kann nun hierauf verschoben werden, bis wieder die Vertikalstellung erreicht ist. Ist der Abstand des Reiters von der Drehungsachse dann d cm, so ist das Moment der Horizontalkomponente MH im Gleichgewicht mit dem Drehungsmoment der Schwerkraft auf dem Reitergewicht, also

$$MH = p\,d\,^{12}).$$

Fig. 3.

3. Zur Bestimmung von M/H wird jetzt (durch Auseinanderbiegen der etwas federnden Gabel) die Nadel vom Stativ gelöst, um zu den Ablenkungsversuchen zu dienen.

Es gibt drei verschiedene Lagen, in die eine solche lange Nadel zu diesen Messungen gelegt werden kann (abgesehen von der Russnerschen Methode, wobei statt kurzer eine gleichlange Bussolennadel verwendet wird):

a) Die geneigte Lage, mit einem Pol vertikal über der Achse der Bussole, während der andere Pol sich in deren Horizontalebene östlich oder westlich befindet[13]). Dann ist, wenn l die Länge des ablenkenden

[11]) Ich versuchte auch magnetisiertes Federstahlband statt der Nadeln, erhielt aber hiermit kein genügendes Moment wegen zu geringer Dicke des Stahles.

[12]) Man kann natürlich auch bei O—W-Lage der Drehungsachse, während das Holzstäbchen nach S zeigt, mit der Schraube vertikal stellen und dann 180° drehen und wird das doppelte Drehungsmoment bekommen, also $2MH = pd$. (Siehe Kuhfahl, a. a. O.) Die Genauigkeit wird so verdoppelt, der Versuch aber weniger durchsichtig..

[13]) Vgl. z. B. Ruoss, a. a. O.

Magnetstabs, a seine Horizontalprojektion (Fig. 3), wie leicht abzuleiten: $M/H = a^2 l \operatorname{tg} \alpha$, wenn α die Ablenkung der Bussolennadel.

Diese Methode hat den Vorteil größter Einfachheit, lieferte mir aber immer die schlechtesten Resultate. Kleine Fehler in der Bestimmung der Pollage, also in a und l, unsymmetrische Magnetisierung der langen Nadel geben große Fehler im Resultate. Ich erhielt z. B. durch letztere Ursache $\alpha = 20^1/_2{}^0$, nach Umlegung des Magnets $\alpha = 32^0$. Die Resultate stimmten sehr schlecht mit denjenigen anderer Messungen.

b) Die erste Hauptlage nach Gauss (Magnet O oder W von der Bussole [Fig. 4]). Ist a der Abstand der Mitte des Magnets von der Bussole, so wird jetzt:

$$M/H = \frac{(a^2 - {}^1/_4 l^2)^2}{2a} \operatorname{tg} \alpha .$$

Sowohl Formel wie Berechnung werden komplizierter. Die Asymmetrie der Magnetisierung hat auch hier, wie leicht einzusehen, großen Einfluß. So fand ich z. B. bei $a = 55$ cm $\alpha = 27^0$, nach Umlegung des Magnets $\alpha = 30^1/_2{}^0$. Diese Lage, welche bei kurzem Magnet die geeignetste ist, weil sie den größten Ausschlag gibt, ist bei langer Magnetnadel nicht so gut.

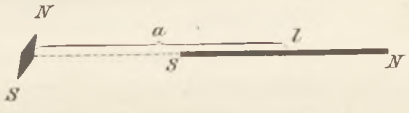


Fig. 4.

c) Die zweite Hauptlage nach Gauss (Magnet N oder S von der Bussole). Dies ist bei weitem hier die beste Lage; die Berechnung wird leicht und übersichtlich, Asymmetrie und ungenaue Kenntnis des Polabstandes haben nur geringen Einfluß auf das Resultat, wenn der Abstand a nicht zu klein ist. Ich führe die Berechnung wie folgt:

Die Pole mm des ablenkenden Magnets üben auf einen Pol m' in A (Fig. 5), im Mittelpunkt der Bussole, Kräfte $K = \frac{mm'}{c^2}$ aus, deren Resultante P parallel der Achse des Magnets ml verläuft. Aus der Figur folgt

$$P : K = l : c$$

$$P = \frac{Kl}{c} = \frac{mm'l}{c^3} = \frac{Mm'}{c^3}.$$

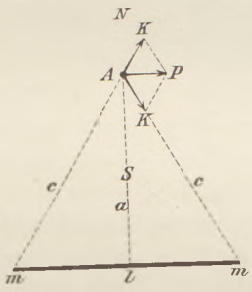


Fig. 5.

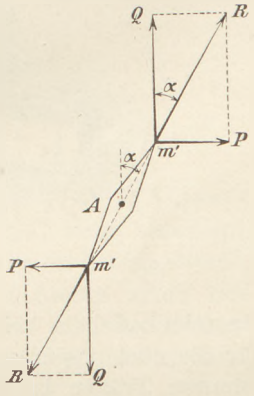


Fig. 6.

Das Feld in der Nähe von A kann bis an die Pole der kurzen Bussolennadel als homogen betrachtet werden (wie aus der bekannten Kraftlinienfigur zu sehen ist); oder wenigstens das Mittel der auf N- und S-Pol dieser Nadel ausgeübten Kräfte ist sehr nahe gleich der in A auf einen gleich starken Pol wirkenden Kraft. P kann also als die auf die Pole $m'm'$ der kleinen Nadel ausgeübte Kraft eingeführt werden.

Der Erdmagnetismus übt auf diese Pole eine senkrecht zu P gerichtete Kraft $Q = Hm'$ aus (Fig. 6). Die Nadel stellt sich so, daß die Resultante R von P und Q längs ihrer Achse fällt, oder

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P}{Q} = \frac{Mm'/c^3}{Hm'} = \frac{M}{c^3 H},$$

woraus

$$M/H = c^3 \operatorname{tg} \alpha .$$

Die Endformel wird also sehr einfach; die Ableitung hat noch den Vorzug, daß sie analog der später bei der Tangentenbussole befolgten verläuft.

Streng genommen ist es natürlich unrichtig, in Fig. 5 für die Punkte mm die mathematischen Pole des Magnets zu nehmen, da c nicht senkrecht zur Achse der Nadel steht. Wegen der großen Länge der dünnen Nadeln aber, wodurch der apparente Magnetismus nur auf eine Strecke von ein paar Zentimeter Länge verteilt ist, hat bei Werten von a zwischen 25 und 40 cm (wie aus den später mitgeteilten Resultaten folgt) diese Ungenauigkeit keinen merklichen Einfluß. Ein Vorteil ist noch, daß in der Endformel nur c und nicht mehr l vorkommt. Ein kleiner Fehler in der Bestimmung von l ist daher (bei nicht zu kleinem Abstande a) unwichtig, da er c nur wenig beeinflußt[14]). Die gute Übereinstimmung der Ablenkungen nach beiden Seiten, der Werte von H und M bei sehr verschiedenem a, spricht für die relative Genauigkeit der Messungen.

Die Berechnung ist ganz elementar, ohne Vernachlässigungen und Näherungen; ausgenommen die nicht zu umgehende Einsetzung des für die Mitte der Bussolennadel gefundenen Wertes der Kraft P auch für deren Pole.

4. Zur Ausführung des Ablenkungsversuchs nach c) verwende ich das Schulgalvanometer und Magnetometer von Hartmann & Braun mit der dazu passenden Meßbrücke mit Zentimeter- und Millimeterteilung (Fig. 7). Die Ablenkung der

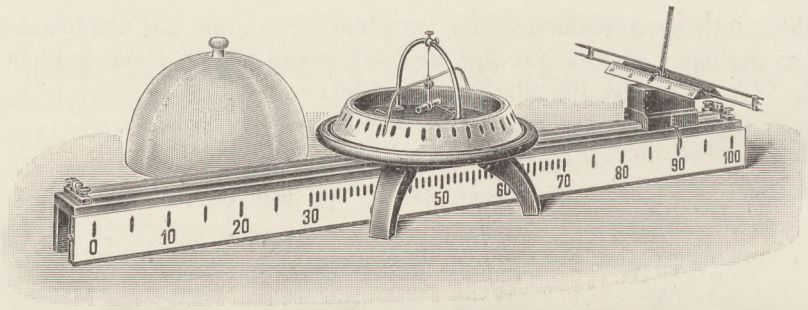


Fig. 7.

Bussolennadel ist bei diesem Instrumente ohne Spiegelablesung weithin sichtbar. Der für die zum Apparate gehörenden kurzen Magnetstäbe in der ersten Hauptlage bestimmte Träger ist durch eine kleine Umänderung für die Aufnahme des langen Nadelpaares in der zweiten Hauptlage geeignet gemacht. Der Abstand a ist an der Zentimeter- und Millimeterskala genau ablesbar.

Die Lage der Pole des langen Magnets wird bestimmt mittels einer durch einen Kork gesteckten kurzen vertikalen Nadel, welche auf Wasser schwimmt[15]). Der Polabstand war ca. 42 cm.

Es werden immer 4 Ablesungen gemacht, zwei bei nördlicher, zwei bei südlicher Lage des Magnets, mit Umlegung. Jede Spitze des Zeigers wird zweimal abgelesen. Asymmetrie des Magnetismus, ungenaue Zentrierung der Nadel im Teilkreise und auf der cm-Teilung werden so eliminiert.

[14]) Ein Fehler von 2 cm z. B. in l würde bei $a = 40$ cm nur etwa $3\,^0/_0$ Fehler in c^3 geben.
[15]) Vgl. Kuhfahl, a. a. O.

Ein Versuch ist z. B. folgender:

$l = 42$ cm; $a = 40$ cm. $\alpha = \begin{cases} 22-21 \\ 20-20 \end{cases}$, Mittel $= 20^3/_4{}^0$

$a^2 = 1600$
$(^1/_2 l)^2 = 441$
$c^2 = 2041$

$\log c^2 = 3{,}3098$
$- \quad c \quad = 1{,}6549$
$- \quad c^3 \quad = 4{,}9647$
$- \quad \text{tg}\,\alpha = 9{,}5785$
$\log M/H = 4{,}5432$

Mit dem Pendel gefunden:
$p = 100$ dyn
$d = 9{,}0$ cm
$MH = 900$
$\log MH = 2{,}9542$

$\log M^2 = 7{,}4974$
$- \quad M \quad = 3{,}7487$
$M = \mathbf{5606}$

$\log H^2 = 0{,}4110^{-2}$
$- \quad H \quad = 0{,}2055^{-1}$
$H = \mathbf{0{,}161}$

An derselben Stelle lieferte:

$a = 30$ cm;	$\alpha = 35^1/_4{}^0$;	$M = 5589$;	$H = 0{,}161$
28 -	39^0	5591	0,161
25 -	45^0	5596	0,161

Im Mittel also: $M = \mathbf{5600}$; $H = \mathbf{0{,}161}$.

Die Übereinstimmung der Resultate ist vorzüglich. Eine spätere Bestimmung mit Tangentenbussole und Amperemeter lieferte hier $H = 0{,}165$[16]).

Zusammenstellung von Versuchen über Fluorescenz und Phosphorescenz[1]).

Von

C. Sternstein, Mittelschullehrer in Magdeburg.

A. Fluorescenz.

I. Verhalten fluorescierender Körper im weißen Lichte.

Versuch 1. Man löse 5 g Chininsulfat in 0,5 l Wasser, dem etwas Schwefelsäure zugesetzt wurde, gieße die Flüssigkeit in ein Becherglas und lasse zerstreutes Tageslicht oder besser direktes Sonnenlicht darauf einwirken. Die im durchgehenden Lichte farblose Lösung zeigt im auffallenden oder reflektierten Lichte einen hellblauen Schimmer, der noch deutlicher wahrnehmbar wird, wenn man die Sonnenstrahlen zuvor durch eine konvexe Linse sammelt und den erhaltenen Lichtkegel von oben her in die Flüssigkeit tauchen läßt. (*M.-P.*)

---

[16]) Die Polwage wird, in etwas anderer Ausführung, als Teil ihres „Universalstativs" angefertigt von der Ned. Instr. Fabr. in Utrecht.

[1]) Benutzte Literatur:

Dr. J. Frick, Physikalische Technik, herausgeg. von Dr. O. Lehmann. (*F.-L.*)

Dr. Seb. Killermann, Leuchtende Tiere und Pflanzen. (*S. K.*)

*O. Knoblauch, Über die Fluorescenz von Lösungen. Ann. d. Phys. u. Chemie, Bd. 54.

Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik, herausgeg. von Dr. L. Pfaundler. (*M.-P.*)

Dr. F. Poske, Zeitschrift für den phys. u. chem. Unterricht, Jahrg. 9—15, 17, 20. (*P.*)

*Dr. G. C. Schmidt, Beiträge zur Kenntnis der Fluorescenz.

Schreber und Springmann, Experimentierende Physik. (*S. u. S.*)

*E. Wiedemann, Über Fluorescenz u. Phosphorescenz. Ann. der Phys. u. Chemie, Bd. 34.

*E. Wiedemann u. G. C. Schmidt, Über Luminescenz. Ann. der Phys. u. Chemie, Bd. 54 u. 56.

Anmerkung. Auf Wunsch der Redaktion habe ich nachträglich noch bei einzelnen Versuchen, soweit es mir möglich war, die Quelle angegeben.

Versuch 2. Untersucht man in derselben Weise Petroleum, das je nach seiner Reinheit im durchgehenden Lichte farblos oder schwach gelblich erscheint, so beobachtet man während der Dauer der Beleuchtung einen violettblauen Schimmer, wenn man von vorn, von oben oder von der Seite her gegen die Flüssigkeit blickt.

Versuch 3. Aus einigen Stücken Roßkastanienrinde ziehe man das Äskulin durch Kochen mit destilliertem Wasser aus und prüfe die schwach gelbliche Flüssigkeit, wie vorher beschrieben wurde. Sie strahlt ein ebenfalls bläuliches Licht aus. (*M.-P.*)

Versuch 4. Man übergieße Gelbholzspäne mit etwa 80—90 proz. Alkohol, filtriere die gewonnene gelbliche bis gelbbraune Lösung des Farbstoffes Morin und füge einige Tropfen einer Alaunlösung hinzu. Sie zeigt, im auffallenden Lichte betrachtet, eine prachtvolle grüne Farbe, die selbst dann noch deutlich wahrnehmbar wird, wenn die Morinlösung nur eine Spur von Alaun oder von einem anderen Tonerdesalz enthält. (*M.-P.*)

Versuch 5. In stark verdünnter Natronlauge löse man eine geringe Menge Fluoreszein und gieße, wenn die Flüssigkeit eine rötliche Farbe zeigen sollte, so viel Wasser hinzu, daß sie gelblich erscheint. Unter der Einwirkung der Sonnenstrahlen leuchtet sie in intensiv gelbgrünem Lichte. Die Erscheinung ist selbst noch bei stark verdünnter Lösung (1 : 20000000) nachweisbar. (*S.* u. *S.*)

Versuch 6. Aus grünen Pflanzenteilen ziehe man das Chlorophyll mit Äthyläther aus, filtriere die nach etwa einer Stunde gewonnene Lösung und gieße sie vorsichtig in ein zur Hälfte mit Eosinlösung gefülltes Probierglas. Nun setze man die beiden sich nicht mischenden Flüssigkeiten der Einwirkung der Sonnenstrahlen aus. Während die Eosinlösung im durchgehenden Lichte hellrot, der Chlorophyllauszug dagegen grün gefärbt ist, erscheint im reflektierten Lichte erstere grün und letzterer blutrot.

Versuch 7. Man prüfe Curcumatinktur in der nach Versuch 1 angegebenen Weise oder ändere zur objektiven Darstellung der beiden auftretenden Farben den Versuch folgendermaßen ab. Zwischen zwei quadratische Spiegelglasplatten von etwa 30 cm Seitenlänge lege man nahe dem Rande an drei Seiten entlang einen starkwandigen Gummischlauch von etwa 15—20 mm Durchmesser und presse die beiden Glasscheiben durch einige kräftige Quetschhähne fest zusammen. Das so erhaltene Gefäß stelle man senkrecht mit Hilfe zweier Bunsengestelle so auf, daß die offen gebliebene Seite nach oben zu liegen kommt. Jetzt fülle man den Behälter mit Curcumatinktur und lasse das Lichtbündel eines Projektionsapparates, dessen Strahlen durch entsprechende Verschiebung des Kondensors parallel gemacht wurden, so auf die vordere Spiegelglasplatte des Gefäßes fallen, daß das Strahlenbündel etwa unter einem Winkel von 45° auftrifft. Hinter dem Behälter stelle man einen weißen Schirm parallel zu den Glasscheiben auf. Blickt man nun etwa in der Richtung des Einfallslotes gegen Schirm und Glasgefäß, so beobachtet man auf jenem die gelbe Eigenfarbe der Flüssigkeit, während diese selbst in grünem Lichte erstrahlt. (*P.*; *M.-P.*)

Versuch 8. Verwendet man zur Füllung des Behälters Lackmustinktur, so erscheint auf dem Schirme die blaue Farbe derselben. Sie selbst leuchtet im orangefarbenen Lichte. (*M.-P.*)

Versuch 9. Man lasse den durch eine Konvexlinse erhaltenen Lichtkegel in eine Platte aus Uranglas oder in einen Uranglaswürfel eindringen. Das gelblichgrüne Glas leuchtet in hellgrünem Lichte auf. (*M.-P.*; *F.-L.*)

Versuch 10. Man untersuche in gleicher Weise Kristalle von Flußspat, besonders dessen violett oder grün gefärbte Varietäten von Cumberland und Derbyshire. Der Lichtkegel erzeugt in ihnen eine prachtvoll blaue Farbe. (*M.-P.*)

Ergebnis. Die angeführten Versuche ergeben zunächst, daß verschiedene Substanzen im auffallenden Lichte in anderer Farbe erscheinen als im durchgehenden. Sie verhalten sich während der Dauer ihrer Beleuchtung wie selbstleuchtende Körper.

Weil diese Erscheinung besonders deutlich am Flußspat oder Fluorit zu beobachten war, schlug der englische Physiker Stokes vor, sie mit dem Namen Fluorescenz zu bezeichnen. Zum Unterschiede von der Eigenfarbe der Körper nennt man die während der Beleuchtung im reflektierten Lichte wahrnehmbare Farbe die Fluorescenzfarbe.

II. Verhalten fluorescierender Körper im farbigen Lichte.

Versuch 11. Man erzeuge mittels eines durch eine Linse konvergent gemachten Sonnenstrahlenbündels das grüne Fluorescenzlicht der nach Versuch 5 bereiteten Fluoresceinnatronlösung und bringe zwischen Linse und Flüssigkeit ein tiefblaues Kobaltglas, so daß nur blaue Lichtstrahlen die letztere erreichen können. Der grüne Lichtkegel erscheint auch jetzt und zwar in fast unveränderter Stärke. Hält man aber das Kobaltglas zwischen Flüssigkeit und Auge, so ist jede Spur des Fluorescenzlichtes verschwunden, ein Beweis dafür, daß keine blauen Lichtstrahlen im vorliegenden Falle in ihm enthalten sein können. Die fluorescierende Flüssigkeit hat also die Farbe der auffallenden Lichtstrahlen verändert.

Versuch 12. Benutzt man statt der Fluoresceinnatronlösung einen Uranglaswürfel, so führt der Versuch zu demselben Resultate. (*M.-P.*)

Versuch 13. Man untersuche nach dem angegebenen Verfahren Curcumatinktur und verwende als Lichtfilter ein rotes Glas. Dringen die Lichtstrahlen vor ihrem Eintritt in die Flüssigkeit durch dieses Filter, so bleibt das grüne Fluorescenzlicht aus. Es kann also nur durch andere als rote Strahlen hervorgerufen worden sein. Daß es aber diese selbst enthalten muß, wird sofort wahrnehmbar, wenn man die fluorescierende Tinktur durch das rote Glas betrachtet. (*M.-P.*)

Versuch 14. Man stelle vor den Kondensor eines Projektionsapparates ein in Versuch 7 beschriebenes Glasgefäß mit planparallelen Wänden und fülle es mit einer Lösung von schwefelsaurem Kupferoxydammoniak, die man durch Zusatz von konzentriertem Ammoniumhydroxyd zu einer konzentrierten Lösung von Kupfersulfat erhält. In den Weg der nun blauen Lichtstrahlen bringe man ein zweites Gefäß mit Curcumatinktur und beobachte deren Fluorescenzlicht. Dann betrachte man dieses durch die blaue Lösung und stelle fest, daß ihm die blauen Strahlen fehlen. (*P.; M.-P.*)

Versuch 15. Man untersuche in derselben Weise mit dem eben benutzten Lichtfilter den nach Versuch 6 gewonnenen Chlorophyllauszug, beobachte dabei aber die Vorsicht, die offene Seite des zweiten Glasgefäßes wegen der leichten Entzündlichkeit des sich entwickelnden Ätherdampfes durch ein Stück Gummischlauch zu verschließen. Die blauen Strahlen erregen wohl das Chlorophyll zur Fluorescenz, sie lassen sich aber in dem Fluorescenzlichte selbst nicht nachweisen. (*P.; M.-P.*)

Versuch 16. Man verwende als fluorescierende Flüssigkeit eine Lösung von Chininsulfat und benutze nacheinander als Filter eine Lösung von Kaliumdichromat und eine solche von Kupferchlorid. Dabei ergibt sich, daß die blaue Fluorescenzfarbe der Chininsulfatlösung nicht durch rote, orangefarbene oder gelbe bzw. grüne Strahlen hervorgerufen wird, daß aber diese Strahlen in dem Fluorescenzlichte enthalten sind.

Versuch 17. Mit Hilfe der benutzten Lichtfilter untersuche man gewöhnliche farbige, nicht fluorescierende Körper und stelle fest, daß es bei ihnen gleich ist, ob sie durch ein farbiges Mittel hindurch beleuchtet werden, oder ob man sie durch dasselbe Mittel hindurch betrachtet. Jeder einzelne der untersuchten Körper erscheint in beiden Fällen gleichfarbig oder dunkel, je nachdem er die auffallenden farbigen Strahlen reflektiert bzw. hindurchläßt oder nicht.

Ergebnis. Die Versuche 11—17 lassen den Unterschied erkennen, der zwischen den Farben der gewöhnlichen Körper und denen der fluorescierenden besteht. Erstere sind dadurch hervorgerufen worden, daß der Körper bestimmte auffallende Strahlen

unverändert reflektiert oder hindurchläßt. Das Fluorescenzlicht aber verdankt seine Entstehung andersfarbigen Strahlen, deren Umwandlung durch die fluorescierende Substanz bewirkt worden ist.

III. Zusammenhang zwischen Absorption und Fluorescenz.

Versuch 18. Auf die Oberfläche der nach Versuch 4 bereiteten Morinlösung werfe man mittels einer Linse ein Sonnenstrahlenbündel und lasse den Brennpunkt des Lichtkegels verschieden tief in die Flüssigkeit eintauchen. Das grüne Fluorescenzlicht zeigt sich stets nur da, wo die Oberfläche der Flüssigkeit den Lichtkegel durchschneidet. Die Umwandlung der die Fluorescenz erregenden Strahlen findet also in diesem Falle schon beim Eintritt in die Flüssigkeit statt. (*M.-P.*)

Versuch 19. Man wiederhole den Versuch mit einer Chininsulfatlösung. Der blaue Lichtkegel des Fluorescenzlichtes wird schwächer, je weiter die Lichtstrahlen in die Flüssigkeit dringen. Die wirksamen Strahlen müssen also beim Durchgange durch die Flüssigkeit mehr und mehr verbraucht worden sein.

Versuch 20. Man mache die Lichtstrahlen eines Projektionsapparates parallel und bringe in ihren Weg einen Schirm mit einer verstellbaren Spaltvorrichtung, durch welche nur ein schmales Lichtbündel hindurchgelassen wird. Dieses lasse man durch eine Flasche mit Petroleum dringen und stelle dahinter eine zweite Flasche mit der gleichen Flüssigkeit auf. Während die Bahn des Lichtbündels sich in der ersten Flasche durch die auftretende blaue Fluorescenzfarbe scharf abzeichnet, ist in der zweiten Flasche keine Spur des Fluorescenzlichtes zu erkennen. Demnach müssen die Strahlen, welche die blaue Umfärbung des Petroleums hervorbringen, schon in der ersten Flasche verbraucht oder absorbiert worden sein.

Versuch 21. Mit Hilfe eines senkrechten Spaltes erzeuge man wie vorhin ein schmales Bündel paralleler Strahlen, mache es durch eine Konvexlinse schwach konvergent und zerlege es durch ein dreiseitiges Glasprisma, dessen brechende Kante dem Spalte parallel ist. Das hierdurch gewonnene Spektrum lasse man auf die Vorderfläche eines nach Versuch 7 hergestellten, mit Chininsulfatlösung gefüllten Glasgefäßes fallen. Um die in der Flüssigkeit hervortretende Erscheinung und ihre Abhängigkeit von den einzelnen Spektralfarben besser verfolgen zu können, befestige man an der Glaswand einen weißen Papierstreifen so, daß ein schmaler Teil vom unteren Rande des Spektrums auf ihm zu liegen kommt, während der übrige Teil in die Flüssigkeit eindringt. Blickt man nun von oben her in diese, so beobachtet man, daß die roten, orangefarbenen, gelben, grünen und blauen Strahlen ungehindert durch die Lösung dringen. Erst im Violett beginnt das blaue Fluorescenzlicht, das zunächst die Flüssigkeit in ihrer ganzen Dicke durchsetzt. Nach dem Ende des auf dem Papierstreifen sichtbaren Spektrums hin nimmt die Tiefe, bis zu welcher der Fluorescenzschimmer in die Lösung eindringt, sehr rasch ab, so daß sie hier nur noch einige Millimeter beträgt. Das Aufleuchten der Lösung hört aber hier nicht auf, sondern setzt sich noch weit über die violette Grenze des sichtbaren Spektrums hinaus fort. Doch fluoresciert hier nur eine sehr dünne, dicht an der Glaswand gelegene Flüssigkeitsschicht. Die durch die Lösung gegangenen Spektralfarben fange man auf einem dahintergestellten weißen Schirme auf. Es zeigt sich, daß, je nach dem Konzentrationsgrade der Flüssigkeit, ein mehr oder weniger großer Teil vom violetten Ende des Spektrums fehlt. Die Strahlen dieses Gebietes sind also zur Erregung des Fluorescenzlichtes verbraucht worden. Der Versuch läßt zugleich erkennen, daß auch noch jenseits vom violetten Ende des Spektrums Strahlen vorhanden sein müssen, die zwar nicht auf unser Auge einwirken, sich aber durch ihre fluorescenzerregende Wirkung verraten. (*Nach M.-P.*)

Versuch 22. Man untersuche in derselben Weise den ätherischen Chlorophyllauszug und stelle fest, daß diese Flüssigkeit in denjenigen Spektralgebieten am leb-

haftesten fluoresciert, in welchen auf dem weißen Schirme die dunkelsten Absorptionsstreifen erscheinen.

Ergebnis. Ließen schon die Versuche 11—17 eine Abhängigkeit des Fluorescenzlichtes von gewissen auffallenden farbigen Strahlen erkennen, so geht diese Beziehung aus der dritten Versuchsreihe noch deutlicher hervor. Es zeigte sich, daß das Aufleuchten eines fluorescenzfähigen Körpers gerade durch diejenigen Strahlen hervorgerufen wird, welche von ihm absorbiert werden. Die Spektralversuche lassen eine direkt proportionale Beziehung zwischen der Absorption und Fluorescenz vermuten, da jedem Maximum der ersteren auch ein Maximum der letzteren entspricht.

IV. Beziehungen zwischen den Wellenlängen des erregenden und des Fluorescenzlichtes.

Versuch 23. Durch eine etwa 20 qcm große Öffnung im Laden eines sonst vollkommen verdunkelten Zimmers lasse man, am besten unter Zuhilfenahme eines Spiegels oder eines Heliostaten, ein Bündel Sonnenstrahlen eintreten. Dann verdecke man die Öffnung durch ein tiefblaues Kobaltglas und bringe in das nun blaue Strahlenbündel einen Uranglaswürfel, der sofort lebhaft grün fluoresciert. Man entferne das blaue Glas und stelle in den Strahlenweg ein Glasgefäß mit Kupferchlorid- oder Kaliumdichromatlösung, welche, wie sich mit Hilfe eines Spektroskopes feststellen läßt, nur grüne bzw. noch weniger brechbare Strahlen hindurchlassen. Jetzt bleibt das grüne Fluorescenzlicht aus. Es wird also nur durch solche Strahlen erregt, die eine geringere Wellenlänge oder eine größere Brechbarkeit besitzen als diejenigen, die es selbst enthält. (*M.-P.*)

Versuch 24. Man lasse das blaue Strahlenbündel auf einen mit Baryumplatincyanür bestrichenen Schirm fallen und ersetzte dann das blaue Glas durch ein rotes. Im ersten Falle fluoresciert die vom Lichte getroffene Stelle des Schirmes im grünlichen Farbentone, im zweiten nicht. Wieder sind also brechbarere als die im Fluorescenzlichte vorhandenen Strahlen die Ursache des Aufleuchtens.

Versuch 25. Man verschließe die Öffnung des Fensterladens durch eine Metallplatte mit verstellbarem Spalte und erzeuge nach Versuch 21 mittels eines Prismas ein Sonnenspektrum auf der Vorderfläche des mit Morinlösung gefüllten Glasgefäßes. Um das Spektrum vollkommen rein zu erhalten, ist es notwendig, daß ein scharfes Bild des Spaltes auf das Prisma fällt. Man erreicht dies mit Hilfe einer bikonvexen Linse, die man in geeigneter Entfernung vom Prisma zwischen diesem und dem Spalte aufstellt. Der untere Rand des Spektrums werde wie in Versuch 21 auf einem an die Glaswand geklebten Papierstreifen aufgefangen. Das Fluorescenzlicht beginnt etwa in der Nähe der deutlich sichtbaren Fraunhoferschen Linie *F* und setzt sich noch ein beträchtliches Stück über das violette Ende des auf dem Papierstreifen sichtbaren Spektrums hinaus fort. Seine Verlängerung bestätigt, was schon der Versuch 21 ergab, nämlich das Vorhandensein von Strahlen größerer Brechbarkeit, als sie im gewöhnlichen Spektrum enthalten sind. Man hat sie als ultraviolette bezeichnet. In der überall intensiv grünen Farbe des Fluorescenzlichtes treten die dunklen Fraunhoferschen Linien, auch im Gebiete der ultravioletten Strahlen, mit großer Schärfe hervor. Eine Vergleichung der auffallenden Strahlen mit den von der Morinlösung ausgesendeten läßt erkennen, daß die Umwandlung mit einer Erniedrigung der Brechbarkeit verbunden ist. (*M.-P.*)

Versuch 26. Man wiederhole denselben Versuch mit Benutzung einer Chininsulfatlösung und bestätige zunächst das eben gefundene Resultat. Die Flüssigkeit fluoresciert in hellblauem Lichte, das zwischen den dunklen Linien *G* und *H* beginnt und ebenfalls weit in das ultraviolette Spektralgebiet hineinreicht. Dann ersetze man Prisma, Linse und Glasgefäß durch gleiche Apparate aus Jenaer Uviolglas oder Quarz. Prisma und Linse müssen, wenn sie aus Quarz bestehen, so geschliffen sein,

daß die Lichtstrahlen sie in der Richtung der optischen Achse durchlaufen. Es zeigt sich eine Zunahme der Intensität des blauen Fluorescenzlichtes und eine bedeutende Verlängerung desselben im ultravioletten Spektralgebiet, in welchem, namentlich bei Verwendung von Quarzapparaten, die dunklen Linien *K* bis *R* deutlich sichtbar sind. Beide Erscheinungen lassen erkennen, daß gerade die stark fluorescierend wirkenden Strahlen höherer Brechbarkeit von Glasapparaten mehr oder weniger absorbiert werden. (*M.-P.*)

Versuch 27. Man fange nacheinander die mit Hilfe von Spalt, Linse und Prisma erzeugten Spektren der Sonne und des elektrischen Bogenlichtes auf einem Baryumplatincyanürschirm auf. Das grüne, im violetten und ultravioletten Gebiete erscheinende Fluorescenzlicht ist im zweiten Falle mindestens ebenso intensiv und weit ausgedehnt wie im ersten. Verwendet man aber als Lichtquelle eine Petroleum- oder Gasflamme, so fluoresciert nur ein schmaler Streifen des Schirmes in schwachem Lichte. Das gewöhnliche Lampenlicht enthält also nur wenig brechbarere Strahlen und ist aus diesem Grunde für Fluorescenzversuche wenig geeignet.

Versuch 28. Man sende den Funkenstrom einer Influenzmaschine oder eines kräftigen Induktionsapparates durch Geißlersche Röhren, die aus verschiedenen Glassorten hergestellt sind oder zwischen ihren Doppelwänden fluorescierende Flüssigkeiten enthalten. Die Wände der Röhren leuchten in prachtvollen Farben auf, da das Licht des in verdünnten Gasen übergehenden Entladungsfunkens reich an kurzwelligen Strahlen ist.

Versuch 29. Man erzeuge in der früher angegebenen Weise ein Sonnenspektrum auf der Vorderwand eines Glasgefäßes mit dem ätherischen Chlorophyllauszug. Das rote Fluorescenzlicht beginnt zwischen den dunklen Linien *B* und *C*, also bereits im Gebiete der roten Spektralfarbe, und reicht mit einer Unterbrechung und geringen Abänderungen des Farbentones auch hier über die Grenze des gewöhnlichen Spektrums hinaus. Es wird also nicht nur durch Strahlen höherer Brechbarkeit, sondern auch durch solche Strahlen hervorgerufen, welche eine dem erregten Lichte gleiche Wellenlänge besitzen. (*M.-P.*)

*Versuch 30[2]). Man ersetze den Chlorophyllauszug durch eine Lösung von 0,25 g Magdalarot in 0,5 l Alkohol und stelle zwischen Spalt und Linse ein Strahlenfilter aus rotem Glase, das nur rote und orangefarbene Strahlen hindurchläßt. Die benutzte Lösung fluoresciert schon im Gebiete der roten Spektralfarbe, und zwar in orangefarbenem Lichte, woraus sich ergibt, daß durch Magdalarot auch Strahlen von geringerer in solche von höherer Brechbarkeit verwandelt werden können.

Versuch 31. Das durch ein vertikales Prisma erzeugte Spektrum lasse man auf ein mit Petroleum gefülltes parallelwandiges Glasgefäß fallen. Wie sich mit Hilfe eines weißen Papierstreifens leicht nachweisen läßt, wird das Aufleuchten des Petroleums durch violette und ultraviolette Strahlen hervorgerufen. Durch eine zwischen Prisma und Gefäß aufgestellte horizontale Zylinderlinse ziehe man das blaue Band des Fluorescenzlichtes zu einem schmalen Streifen zusammen und beobachte diesen durch ein zweites horizontal gehaltenes Prisma oder durch ein Taschenspektroskop. Das in der Flüssigkeit homogen erscheinende Fluorescenzlicht wird hierdurch zu einem Spektrum aufgelöst, welches im vorliegenden Falle sämtliche Farben des gewöhnlichen Sonnenspektrums enthält. Es erweist sich also als zusammengesetztes Licht. Doch muß das Mischungsverhältnis der einzelnen Farben ein anderes sein als das des Sonnenlichtes, eben weil die Summe jener Farben hellblaues Licht ergibt. (*M.-P.*)

---

[2]) Für die mit * bezeichneten Versuche wird auf die in der Quellenangabe S. 289 in gleicher Weise bezeichneten Veröffentlichungen hingewiesen.

*Versuch 32. Man untersuche ebenso das nach Versuch 30 durch auffallende rote und orangefarbene Strahlen erhaltene Fluorescenzlicht der alkoholischen Lösung von Magdalarot. Das mit Hilfe des zweiten Prismas erhaltene sekundäre Spektrum lehrt, daß das Orange des Fluorescenzlichtes aus einer Mischung von roten, orangefarbenen, gelben und gelbgrünen Strahlen entstanden ist.

Ergebnis. Vergleicht man nach der letzten Versuchsreihe die Wellenlängen des erregenden mit denjenigen des Fluorescenzlichtes, so ergibt sich, daß in der Mehrzahl der Fälle die Umwandlung der auffallenden Strahlen durch die fluorescierende Substanz mit einer Verminderung der Brechbarkeit verknüpft ist, wobei nicht ausgeschlossen ist, daß bei manchen Körpern die Differenz zwischen den längsten Wellen des erregenden und den kürzesten Wellen des erregten Lichtes den Nullwert erreichen kann, daß also im Fluorescenzlichte neben den minder brechbaren Strahlen auch solche vorkommen können, deren Wellenlängen mit denen des erregenden Lichtes übereinstimmen. Diese Beziehungen sind zuerst von Stokes erkannt worden, der in einer im Jahre 1854 erschienenen Schrift den Satz aufstellte, daß das Fluorescenzlicht das erregende Licht an Brechbarkeit nicht übertrifft, sondern höchstens erreicht. Eingehende Untersuchungen anderer Forscher (v. Lommel, Stenger, Hagenbach u. a.) zeigten indessen, daß diese „Stokessche Regel“ nicht allgemeine Gültigkeit besitzt. Sie trifft stets zu für solche Körper, die nur die lichtschwachen Farben vom violetten Ende des Spektrums oder die ultravioletten Strahlen absorbieren und daher im durchgehenden Lichte schwach gelblich, bräunlich oder gar farblos erscheinen. Sie gilt aber nicht immer für lebhaft und intensiv gefärbte Substanzen, welche starke Absorptionsstreifen im weniger brechbaren Teile des Spektrums zeigen. Die prismatische Analyse des Fluorescenzlichtes dieser Körper zeigt, daß letzteres neben Strahlen von größerer und gleichgroßer Wellenlänge auch solche enthält, deren Wellenlängen kleiner als die des erregenden Lichtes sind.

B. Phosphorescenz.

I. Nachleuchten gewisser Körper im Dunkeln nach vorangegangener Belichtung.

Vorbemerkung. Für viele der nachfolgenden Versuche ist eine möglichst schnell herbeizuführende Verdunkelung des Zimmers unerläßlich. Bei Benutzung des Sonnenlichtes ist es zweckmäßig, die Lichtstrahlen mit Hilfe eines Spiegels oder eines Heliostaten durch eine etwa 20 qcm große Öffnung im Fensterladen eintreten zu lassen. Diese Öffnung wird mit einer Vorrichtung versehen, die ein rasches und sicheres Verschließen derselben gestattet.

Versuch 33. Aus einer Mineralienhandlung verschaffe man sich einige Kristalle von Flußspat, Aragonit oder Strontianit unter dem ausdrücklichen Hinweis, daß sie für Phosphorescenzversuche Verwendung finden sollen. Diese Körper setze man einige Zeit dem Lichte der Sonnenstrahlen aus, die man in der angegebenen Weise in ein dunkles Zimmer gelenkt hat, und verschließe dann plötzlich die Öffnung des Ladens. Die Kristalle leuchten jetzt in schwachem Lichte, doch verschwindet die Erscheinung sehr bald und hält höchstens beim Flußspat längere Zeit an. Empfehlenswert ist es, den Versuch durch eine zweite Person ausführen zu lassen, um während der Belichtung die Augen schließen zu können. Mit dem an Dunkelheit gewöhnten Auge ist dann das Aufleuchten der Substanzen deutlicher wahrzunehmen. (*F.-L.*; *M.-P.*)

Versuch 34. Viel intensiver tritt dieses Aufleuchten nach voraufgegangener Belichtung an den künstlich hergestellten „Leuchtsteinen“, den Schwefelverbindungen der Alkalierdmetalle (Schwefelbaryum, Schwefelcalcium und Schwefelstrontium), hervor, die, in flache Glasröhren eingeschlossen, in den Lehrmittelhandlungen zu erhalten sind. Man setze eine Sammlung der genannten Substanzen wie vorhin dem Sonnen-

lichte aus und beobachte sie dann im verdunkelten Zimmer. Sie leuchten bedeutend stärker und länger als die Kristalle des vorigen Versuches. Die einzelnen Röhren zeigen dabei verschiedene Farben. Die Erregung der Substanzen kann auch in folgender Weise geschehen. Man befestige über den Röhren mit Hilfe eines Retortenhalters ein Stück Magnesiumband und zünde es an. Dabei schütze man die Augen gegen das blendende Magnesiumlicht durch einen vorgehaltenen Schirm oder durch eine Brille mit dunklen Rauchgläsern, um ihnen eine genügende Empfindlichkeit für die Wahrnehmung des Nachleuchtens der belichteten Stoffe zu sichern. (*F.-L.; M.-P.*)

Versuch 35. Man bringe käufliches feingepulvertes Schwefelbaryum, Schwefelcalcium und Schwefelstrontium in je eine schwache Lösung von arabischem Gummi und überziehe mit diesen Mischungen Schirme aus Kartonpapier oder Blech. Einen anderen Schirm streiche man mit Balmainscher Leuchtfarbe an, die mit einem hellen Lack angerührt wurde. Die gut getrockneten Schirme belichte man einige Zeit durch Sonnen- oder Magnesiumlicht und betrachte sie dann im Dunkeln. Der mit Leuchtfarbe präparierte Schirm leuchtet bläulichweiß nach, für die übrigen Substanzen ist die auftretende Farbe des erregten Lichtes nicht ohne weiteres im voraus zu bestimmen. (*F.-L.; S. u. S.*)

Versuch 36. Dicht vor einen der Schirme werde ein planparalleles Glasgefäß mit irgend einer fluorescierenden Lösung gebracht, so daß der untere Teil des Schirmes davon bedeckt wird. Während der Belichtung zeigt sich das Fluorescenzlicht der Flüssigkeit, das aber im Dunkeln sofort verschwindet, während der obere Teil des Schirmes ein mehr oder weniger lebhaftes Nachleuchten erkennen läßt. (*S. u. S.*)

*Versuch 37. Man versetze eine stark fluorescierende Flüssigkeit, etwa Chininsulfat, mit Gelatine und lasse einen Teil derselben bei gelinder Erwärmung erstarren. Dann untersuche man die Flüssigkeit und den erhaltenen festen Körper nach der in Versuch 33 angegebenen Weise. Erstere leuchtet nur während der Belichtung, letztere auch nach derselben auf kurze Zeit. —

Eine Untersuchung verschiedener Körper nach der bisher angewandten Methode ergab, daß die Zahl derjenigen Substanzen, die durch Bestrahlung zum Nachleuchten erregt werden, eine sehr beschränkte war. Sie ließ sich aber ganz bedeutend erweitern, als man die zwischen der Belichtung und der Beobachtung im Dunkeln vergehende Zeit auf kleine Bruchteile einer Sekunde abzukürzen verstand. Dies ist Becquerel mit Hilfe des Phosphoroskopes gelungen. Der Apparat besteht im wesentlichen aus zwei kreisrunden, parallelen Blechscheiben, die um eine gemeinsame horizontale Achse in schnelle Umdrehung versetzt werden können. Beide Scheiben sind mit einer gleichen Anzahl von Löchern versehen, die zu einem Kreise angeordnet sind und gleiche Entfernung voneinander besitzen. Doch sind die Bleche so gegeneinander versetzt, daß die Löcher des einen zwischen denen des andern zu liegen kommen. Die Vorrichtung ist, um störendes Licht abzuhalten, in einer innen geschwärzten Trommel untergebracht, in deren Vorderwand sich eine mit den Löchern der Scheiben an Größe übereinstimmende Öffnung befindet. Durch diese läßt man mit Hilfe eines Beleuchtungsapparates ein Sonnenstrahlenbündel in das Innere der Trommel dringen. Eine besondere Einrichtung gestattet, den zu untersuchenden Körper zwischen den beiden rotierenden Scheiben so anzubringen und festzuhalten, daß die durch die Löcher der vorderen Scheibe dringenden Lichtstrahlen auf ihn fallen. An der Rückwand der Trommel ist eine zweite Öffnung angebracht, die genau in der Richtung der Achse des einfallenden Strahlenbündels liegt. Durch sie beobachtet man die zu prüfende Substanz. Um ihr Aufleuchten nach vorangegangener Belichtung durch die Sonnenstrahlen sichtbar zu machen, müssen die Scheiben einen Weg zurücklegen, welcher der halben Entfernung zweier benachbarter Öffnungen entspricht. Die hierzu erforderliche Zeit kann durch beliebig schnelle Rotation auf winzige Sekundenbruchteile abgekürzt werden.

*Versuch 38. Mit einem Becquerelschen oder Wiedemannschen Phosphoroskop, das für undurchsichtige Körper mit einer Einrichtung für seitliche Beobachtung versehen sein muß, untersuche man Rubin, Kalkspat, Uranglas, Kadmiumsulfat, Chininbisulfat u. a. Die genannten Substanzen leuchten der Reihe nach in rotem, orangefarbenem, grünem, gelbem und hellblauem Lichte. Man färbe Gelatinelösungen mit den in der folgenden Tabelle aufgezählten Anilinfarbstoffen, lasse die Lösungen bei gelinder Erwärmung erstarren und beobachte die im Phosphoroskop auftretende Farbe der einzelnen Substanzen.

Sie ist für Fuchsin	— prachtvoll rot,	für Hofmannsviolett	— prachtvoll rot,
„ Modebraun	— prachtvoll purpur,	„ Methylviolett	— prachtvoll purpur,
„ Jodgrün	— grün	„ Marineblau	— bläulich usw.

Ergebnis. Während das Aufleuchten der früher untersuchten fluorescierenden Körper mit dem Aufhören der Belichtung verschwand, zeigten die in den Versuchen 33—38 benutzten Substanzen noch eine Lichtemission, wenn sie nach voraufgegangener Bestrahlung der Dunkelheit ausgesetzt wurden. Dieses Leuchten im Dunkeln ist am Phosphor, bei dem es jedoch auf andere Ursachen zurückzuführen ist, längst beobachtet worden. Nach ihm hat man die Erscheinung des Nachleuchtens als Phosphorescenz bezeichnet. Findet die Fluorescenz ihr akustisches Analogon in der Resonanz, die mit dem erregenden Tone einsetzt und mit ihm verschwindet, so ist die Phosphorescenz dem Mittönen vergleichbar, das auch nach dem Aufhören des Primärtones noch anhält. Die Zeit, während der die verschiedenen Körper phosphorescieren, schwankt innerhalb ziemlich weiter Grenzen, von mehreren Stunden herab bis zu kleinen Bruchteilen einer Sekunde. Weil letztere der gewöhnlichen Beobachtungsweise entgehen, so sind, wie die Versuche mit dem Phosphoroskop beweisen, viele Stoffe, die nur zu fluorescieren scheinen, zu den phosphorescierenden zu zählen. Die Versuche 37 und 38 ergaben, daß fluorescierende Substanzen zu phosphorescierenden werden, wenn sie aus dem flüssigen in den festen Zustand übergeführt werden. Im allgemeinen darf man die Fluorescenz als eine auf flüssige oder in Flüssigkeiten gelöste und die Phosphorescenz als eine auf feste Körper beschränkte Erscheinung betrachten.

II. Beziehungen zwischen erregendem und erregtem Lichte.

Versuch 39. Man entwerfe mit Hilfe von Spalt, Linse und Prisma nach der früher beschriebenen Weise ein Sonnenspektrum und lasse es auf einen mit Balmainscher Leuchtfarbe präparierten Schirm fallen, der vorher im Dunkeln gestanden hatte. An dem Schirme werde ein Streifen von weißem Papiere so befestigt, daß der untere Rand des Spektrums von ihm aufgefangen wird. Ferner markiere man durch einen in senkrechter Richtung um den Schirm gelegten Faden die violette und für spätere Versuche durch einen zweiten Faden auch die rote Grenze des Spektrums. Es zeigt sich, daß das bläulichweiße Phosphorescenzlicht im violetten und ultravioletten Spektralgebiete auftritt und namentlich nach Abblendung des Lichtstrahlenbündels deutlich wahrnehmbar wird. Die weniger brechbaren Strahlen üben keine Wirkung auf den Schirm aus. Werden Linse und Prisma durch Quarz- oder Uvioloapparate ersetzt, die für kurzwellige Strahlen durchlässiger sind, so gewinnt das Phosphorescenzlicht nicht nur an Intensität, sondern auch an Ausdehnung im ultravioletten Gebiete.

Versuch 40. In ein zur Hälfte mit Wasser gefülltes parallelwandiges Glasgefäß gieße man vorsichtig ätherischen Chlorophyllauszug, stelle dicht hinter das Gefäß einen nicht belichteten Phosphorescenzschirm und lasse nun direktes Sonnenlicht auf ihn einwirken. Eine nachherige Beobachtung des Schirmes im Dunkeln ergibt, daß nur die durch das Wasser gedrungenen Lichtstrahlen phosphorescenz-

erregend wirkten, während die durch den Chlorophyllauszug gegangenen Strahlen geringerer Brechbarkeit den Schirm nicht beeinflußten.

Versuch 41. Man belichte den eben benutzten Schirm durch direktes Sonnen- oder unter Schutz der Augen durch Magnesiumlicht. Während der Bestrahlung bedecke man eine Hälfte des Schirmes mit einer Pappscheibe, die andere mit gelbem oder rotem Glase. Nun verdunkle man das Zimmer und entferne Pappscheibe und Glas. Die von ersterer bedeckt gewesene Fläche des Schirmes phosphoresciert weiter, während auf dem übrigen Teile des Schirmes kaum eine Spur des Nachleuchtens wahrzunehmen ist. Die durch die Gläser gedrungenen roten, orangefarbenen und gelben Strahlen haben also bereits vorhandenes Phosphorescenzlicht zum Verlöschen gebracht.

Versuch 42. Man wiederhole den Versuch 39, blende aber für einige Zeit das erregende Sonnenstrahlenbündel ab und bestrahle den Phosphorescenzschirm durch Magnesiumlicht. Auf den jetzt leuchtenden Schirm lasse man von neuem das Spektrum fallen. Es erfolgt eine Steigerung der Intensität des Phosphorescenzlichtes an allen vom Spektrum getroffenen Stellen des Schirmes. Das stärkere Aufleuchten erstreckt sich nicht nur über das Gebiet der sichtbaren Spektralfarben und der ultravioletten Strahlen, es findet auch — und das ist besonders bemerkenswert — noch weit über die rote Grenze des gewöhnlichen Spektrums hinaus fort, ein Beweis dafür, daß auch hierher noch Strahlen fallen müssen, die sich der Wahrnehmung durch unser Auge entziehen. Man hat sie als ultrarote bezeichnet. Das intensivere Aufleuchten des phosphorescierenden Schirmes ist jedoch an denjenigen Stellen, welche von den grünen, gelben, orangefarbenen, roten und ultraroten Strahlen getroffen wurden, nur ein vorübergehendes. Sehr bald macht sich das Gegenteil bemerkbar. Blendet man jetzt die erregenden Strahlen ab, so leuchtet nur noch das violette und ultraviolette Spektralgebiet in hellerem Lichte, während der übrige Teil des Spektrums sich dunkel von dem bläulichen Grunde des Schirmes abhebt. Bei näherer Betrachtung erkennt man mitunter in dem dunklen Gebiete einzelne schmale leuchtende Streifen. Es sind die Fraunhoferschen Linien *A* bis *E*, die sich hier in dieser Weise bemerkbar machen. Weil an jenen Stellen im Sonnenspektrum das Licht fehlte, konnte es auch keine auslöschende Wirkung auf das Phosphorescenzlicht ausüben. Außer den bezeichneten, dem sichtbaren Spektralgebiete angehörenden Linien lassen sich im günstigen Falle einige auch im Ultrarot nachweisen. (*M.-P.*)

Versuch 43. Man lege eine sehr empfindliche photographische Platte längere Zeit auf den vom Sonnenspektrum beeinflußten phosphorescierenden Schirm und entwickle sie dann. Die auf dem Schirme wenig deutlichen Fraunhoferschen Linien treten auf der Platte mit großer Schärfe hervor. (*M.-P.*)

Versuch 44. Ein mit einem dunklen Kobaltglase bedeckter Phosphorescenzschirm werde mit Magnesiumlicht bestrahlt. Dann untersuche man mit Hilfe eines Spektroskopes sein Phosphorescenzlicht. Es zeigt sich als zusammengesetzt. Doch sind die einzelnen auftretenden Farben von geringerer Brechbarkeit als das erregende hier blaue Licht.

*Versuch 45. Man untersuche in gleicher Weise die in Versuch 38 aufgezählten Körper unter Benutzung von Strahlenfiltern für das in das Phosphoroskop eintretende Licht. Es ergibt sich, sofern überhaupt Phosphorescenz stattfindet, eine Bestätigung des eben angeführten Resultates.

Ergebnis. Für die Erregung der Phosphorescenz kommen nach den voraufgegangenen Versuchen nur die brechbareren Strahlen in Betracht. Die Strahlen größerer Wellenlänge vermögen diese Erscheinung nicht hervorzurufen. Ihr Einfluß macht sich nur insofern geltend, als sie eine bereits vorhandene Lichtemission nach vorübergehender Steigerung der Intensität zum Verlöschen bringen. Sie veranlassen den phosphorescierenden Körper, den durch eine voraufgegangene Belichtung erworbenen

Energievorrat in kürzerer Zeit und darum in konzentrierterer Form wieder zurückzuerstatten. Ein Vergleich der Wellenlängen des erregenden Lichtes mit denjenigen des erregten ergibt, daß für die Phosphorescenzerscheinungen die „Stokessche Regel" gültig ist.

III. Einfluß verschiedener anderer Umstände auf die Art des erregten Lichtes.

Schon in dem Versuche 35 wurde darauf hingewiesen, daß die Farbe des Phosphorescenzlichtes der in der dort angegebenen Weise hergestellten Schirme nicht ohne weiteres im voraus zu bestimmen wäre. Sie ist nämlich von verschiedenen Umständen bei der Herstellung und bei der Erregung der verwendeten Substanzen abhängig.

Versuch 46. In einer Porzellanreibschale menge man etwa 10 g Strontianerde mit 5 g Schwefelblume innig miteinander und fülle mit dem Gemenge zwei Röhren aus strengflüssigem Glase etwa zu gleichen Teilen. Dann erhitze man die eine Röhre über der entleuchteten Flamme des Bunsenbrenners oder im Gasofen zuerst etwa 5 Minuten lang gelinde, dann eine halbe Stunde lang sehr stark, so daß die Temperatur auf 600—700° steigt. Der erkaltete Inhalt der Röhre werde dann in eine gut ausgetrocknete, etwas erwärmte weiße Glasröhre von 1 cm Weite und 10 cm Länge geschüttet, die man vorher an einem Ende zugeschmolzen hatte. Nun verschließe man das andere Ende in gleicher Weise. Die zweite Hälfte des Gemenges werde ebenso behandelt, doch sorge man dafür, daß die Temperatur beim Glühen der Substanz 500° nicht übersteigt. Setzt man jetzt beide Röhren dem direkten Sonnen- oder dem Magnesiumlichte aus, so leuchtet das bei höherer Temperatur geglühte Schwefelstrontium violett, das weniger stark erhitzte gelb und auch nur kürzere Zeit nach. (*M.-P.*)

Versuch 47. Man erwärme im Wasserbade unter Benutzung eines Thermometers das Röhrchen mit dem bei gewöhnlicher Temperatur violett phosphorescierenden Schwefelstrontium zuerst auf 40, dann auf 70 und schließlich auf 100° und prüfe für jeden einzelnen Fall das nach der Bestrahlung auftretende Phosphorescenzlicht. Es ist bei 40° hellblau, bei 70° bläulichgrün und bei 100° grünlichgelb. Bei noch höheren Temperaturen leuchtet das Präparat nur noch während der Belichtung, das Nachleuchten dagegen verschwindet gänzlich. (*M.-P.*)

*Versuch 48. Man löse 1—2 g Chininbisulfat in möglichst wenig Wasser, füge etwas Methylviolett hinzu, bis eine deutliche Färbung der Lösung eintritt, und dampfe diese bis zur Trockne ein. Die erhaltene „feste Lösung" untersuche man mit Hilfe eines Phosphoroskopes. Das Präparat leuchtet bei langsamer Drehung des Apparates grün, bei schneller prachtvoll rot.

Ergebnis. Während die Fluorescenzfarbe einer und derselben Substanz nur von der Farbe des erregenden Lichtes abhängig ist, können, wie aus den drei letzten Versuchen hervorgeht, für die Phosphorescenzfarben der Körper auch noch andere Umstände bestimmend sein. Dazu gehört z. B. die Temperatur, welcher die phosphorescierende Substanz bei ihrer Gewinnung ausgesetzt war, sowie diejenige, die sie bei der Bestrahlung besitzt. In manchen Fällen kommt auch die zwischen der Belichtung und der Beobachtung liegende Zeit in Betracht. Damit ist jedoch die Reihe der die Phosphorescenzfarbe bedingenden Faktoren keineswegs erschöpft. Es sind auch, wie sehr schwer zu wiederholende Versuche ergeben haben, die Ausgangsprodukte, die Art und Weise ihrer Verarbeitung zum fertigen Präparat, sowie zufällig vorhandene oder absichtlich beigemengte ganz geringe Zusätze anderer Substanzen für die Art des erregten Lichtes von erheblicher Bedeutung.

IV. Erregung von Phosphorescenz durch andere als die bisher betrachteten Ursachen.

Versuch 49. Auf das Tischchen eines Henleyschen Ausladers lege man eine gut gereinigte, etwas erwärmte Glasplatte und darauf ein Stückchen Zucker von 2—3 cm Länge. Nun schiebe man die Kugeln des Ausladers dicht an den Zucker heran, stelle die nötigen Verbindungen mit einer Influenzmaschine oder Verstärkungsflasche her und lasse nach Verdunkelung des Zimmers einen kräftigen Entladungsfunken zwischen den Kugeln übergehen. Es zeigt sich für einige Sekunden ein schwaches Leuchten des Zuckers. Läßt man den Entladungsfunken über Flußspat hinweggehen, so tritt dieselbe Erscheinung, wenn auch weniger deutlich, auf. (*F.-L.*)

Versuch 50. Wird eine mit etwas Quecksilber gefüllte, stark evakuierte Röhre aus phosphorescierendem Glase im Dunkeln stark geschüttelt, so leuchtet sie infolge der durch die Reibung des Quecksilbers an der Röhrenwand stattfindenden elektrischen Erregung in sanftem Lichte auf.

Versuch 51. Man verbinde eine kugelförmige, bis auf 0,001 mm Druck ausgepumpte Crookessche Röhre mit hohlspiegelförmiger Kathode mit einem kräftigen Funkeninduktor und setze diesen in Tätigkeit. Die von den Kathodenstrahlen getroffene Stelle der Glaswand phosphoresciert in grünem Lichte.

Versuch 52. Man zeige die phosphorescenzerregende Wirkung der Kathodenstrahlen mit Hilfe einer Crookesschen Röhre, die in ihrem Innern Kristalle von Kalkspat, Strontianit oder Edelsteine und dergleichen enthält. Die genannten Substanzen leuchten, sobald sie von jenen Strahlen getroffen werden, in den prächtigsten Farben auf.

Versuch 53. Ein mit Baryumplatincyanür bestrichener Schirm werde der Einwirkung der Röntgenstrahlen ausgesetzt. Er phosphoresciert in schwach grünlichem Lichte.

Versuch 54. In einem Reagenzglase erwärme man ein etwa erbsengroßes Stück Flußspat, am besten eine violette oder grünliche Varietät, gelinde über einer Spiritusflamme und betrachte es dann im Dunkeln. Es strahlt ein violettblaues Licht aus.

Versuch 55. Man reibe im Dunkeln zwei Kieselsteine oder zwei Stückchen Zucker aneinander oder spalte Kreide oder Glimmer. In jedem Falle ist ein schwaches Aufleuchten der Substanzen wahrzunehmen.

Versuch 56. In eine Literflasche bringe man eine etwa 5 cm lange Stange gelben Phosphors, von der man, sofern dies nötig war, vorsichtig unter Wasser die Rinde abgeschabt hat. Dann gieße man so viel Wasser in die Flasche, daß der Phosphor davon zur Hälfte bedeckt wird, verschließe die Öffnung mit einer Glasplatte und stelle die Flasche in ein Becken mit Wasser von etwa 30—35° Wärme. Beobachtet man nun den vom Phosphor aufsteigenden weißen Rauch im Dunkeln, so zeigt er ein deutlich wahrnehmbares Leuchten. Nach etwa 5—10 Minuten halte man einen mit Jodkaliumstärke getränkten Streifen Filtrierpapier in die Flasche und weise durch die eintretende Blaufärbung die Anwesenheit von Ozon nach. Die Umwandlung des Sauerstoffs in Ozon läßt aber auf einen chemischen Vorgang schließen, mit dem das Aufleuchten des Phosphordampfes verknüpft ist.

Versuch 57. Auf einer Platte erhitze man im dunklen Zimmer über einer Spiritusflamme etwas Schwefel so, daß dessen Entzündungstemperatur nicht erreicht wird. Es zeigt sich nach einiger Zeit eine grauweiße Flamme, in die man getrost den Finger hineinhalten kann. Es läßt sich zeigen, daß dieses Leuchten des Schwefeldampfes bei niedriger Temperatur durch einen Oxydationsprozeß herbeigeführt wird; denn ein in die Flamme gebrachter, mit Kaliumpermanganatlösung getränkter Streifen von Filtrierpapier zeigt eine schwache Reaktion auf schweflige Säure an.

Versuch 58. Man lege ein Stück frischen Rindfleisches in eine 10proz. Kochsalz- oder Kalisalpeterlösung, sorge aber dafür, daß es davon nicht ganz bedeckt

wird. Nach 2—3 Tagen zeigt das im ungeheizten, nicht allzu hellen Zimmer aufbewahrte Fleisch gewöhnlich im Dunkeln ein schwaches Leuchten. Sicherer tritt diese Erscheinung auf, wenn man in das Salzwasser etwas Fleisch (bzw. Hautstückchen oder Flossen) von Seefischen hineinlegt. Untersucht man mit dem Mikroskope einen Tropfen der ebenfalls leuchtenden Flüssigkeit bei etwa 600—800facher Vergrößerung, so lassen sich darin unzählige Bakterien nachweisen, von denen die Photobakterien Micrococcus phosphoreus Cohn oder Bacterium phosphoreum Molisch als Urheber jener Lichterscheinung erkannt worden sind. (*S.-K.*)

Versuch 59. Mit der leuchtenden Salzlösung werde eine unten zugeschmolzene Glasröhre oder ein enges Reagenzglas bis auf etwa 1 cm vom Rande gefüllt. Nach etwa einer Viertelstunde erscheint die Röhre dunkel und läßt nur noch an der Oberfläche einen schwachen Lichtschimmer erkennen. Dreht man jedoch die mit dem Daumen verschlossene Röhre um, so erregt die aufsteigende Luftblase die Bakterien von neuem zum Leuchten. Daraus ergibt sich aber, daß die Lichterzeugung nur unter dem Einfluß des Sauerstoffs stattfindet, also ebenfalls auf einen Oxydationsvorgang zurückzuführen ist. (*S.-K.*)

Versuch 60. Man verschaffe sich aus dem Walde etwas Holz, das mit dem Mycel des Hallimasch (Agaricus melleus Vahl) durchsetzt ist, der auf den Wurzeln oder der Rinde erkrankter Bäume nicht selten anzutreffen ist, und beobachte im Dunkeln die phosphorescierenden Pilzfäden. Dann bringe man das Holz unter den Rezipienten einer Luftpumpe und evakuiere diesen. Mit zunehmender Luftverdünnung läßt auch die Intensität des Lichtes mehr und mehr nach. (*S.-K.*)

Ergebnis. Während fluorescierende Körper nur durch auffallende Lichtstrahlen zur Lichtemission veranlaßt werden können, ist die Erscheinung der Phosphorescenz nicht allein auf diese Art der Erregung beschränkt. Sie kann, wie die Versuche der letzten Reihe ergaben, auch durch die Einwirkung der Kathoden- und Röntgenstrahlen, sowie durch elektrische, thermische, mechanische und chemische Vorgänge verursacht werden. Auf welche Ursachen aber auch die Lichtemission fluorescierender oder phosphorescierender Substanzen zurückzuführen sein mag, ein Merkmal ist ihr in allen Fällen gemeinsam. Sie findet immer unterhalb derjenigen Temperatur statt, bei welcher die nur durch Wärmezufuhr bedingte normale Lichtentwicklung einsetzt. Nach dem Vorschlage E. Wiedemanns werden alle jene ohne entsprechende Erhitzung auftretenden Leuchtprozesse als Luminescenz bezeichnet, und zwar die durch auffallendes Licht erregte Fluorescenz und Phosphorescenz als Photoluminescenz, das durch Kathodenstrahlen bewirkte Aufleuchten als Kathodoluminescenz und die durch elektrische, mechanische, thermische und chemische Vorgänge veranlaßten Lichterscheinungen entsprechend als Elektro-, Tribo-, Thermo- und Chemiluminescenz.

Kleine Mitteilungen.

Wasserdruck-Regulator für beliebige Ausflußgeschwindigkeit.

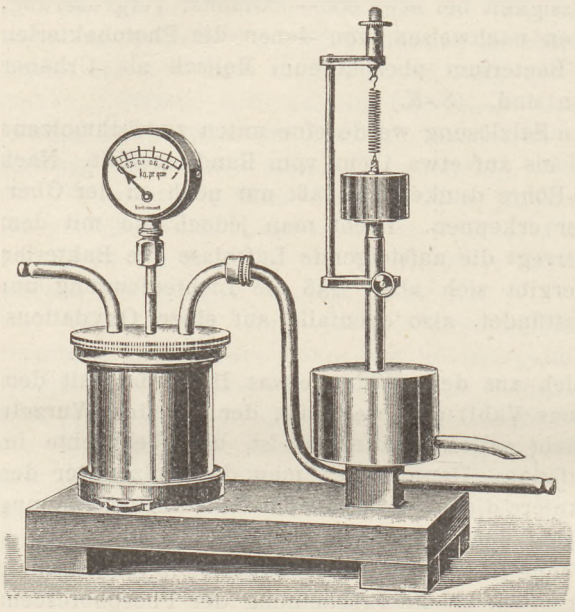
Von Prof. **Könnemann** in Posen.

Versuche mit Wasserstrahlen, insbesondere Untersuchungen über die Anwendung des hydraulischen Mikrophons[1]) auf das Telephon, wobei der Wasserdruck je nach der Ausflußöffnung auf konstante Höhe von 4—5 m abgestimmt werden muß, brachten Unzuträglichkeiten einer veränderlichen bedeutenden Höhenlage des Bassins mit sich. Sie gaben mir Veranlassung, einen Wasserdruck-Regulator für Ausflußgeschwindigkeiten von Null bis zum vollen Druck der Zuleitung zu konstruieren; seine Aus-

[1]) Nach Boys „Seifenblasen“, übers. von Dr. G. Meyer, Lpz. 1893.

führung hat Herr Mechaniker F. A. Hintze in Berlin übernommen; sie erfüllt nach meinen Versuchen alle an den Apparat zu stellenden Anforderungen.

Unten rechts tritt das Wasser aus der Leitung ein; dem Metallrohr M ist in dem würfelförmigen Träger vertikal ein zweites Rohr K eingefügt; in ihm ruht gleitend ein massiver oder auch hohler Verschlußzylinder C. Das Rohr K besitzt diametral gegenüberstehend zwei Spalte, welche nach unten bis zur Basis des Verschlußzylinders C herab spitz zulaufen. Der Verschlußzylinder C kann oben durch Gewichte und Bleischrot beliebig belastet werden. Das Rohr M führt in einer Kapsel aus Messing (Mariottesche Flasche) mit abschraubbarem Deckel bis nahe zum Boden; das nahe zum Boden geführte Rohr des Arbeitsstrahls kann mit Wattefilter umgeben werden. Das aus den Spalten des Regulators austretende Wasser wird in einer Hüllkapsel abgefangen und in den Abfluß geleitet. Ein Manometer dient zum Messen des Arbeitsdruckes.



Der Apparat läßt sich für sämtliche Versuche mit Wasserstrahlen verwenden. Der Hahn der Wasserleitung ist nur so weit zu öffnen, daß etwas überschüssiges Wasser aus dem Regulator abfließt, während der Arbeitsstrahl tätig ist; dieser wird nach Belieben durch eine Klemme abgesperrt. Zu Versuchen mit der besten Druckhöhe empfiehlt sich der Druck der Hand auf den Kopf des Verschlußzylinders C; zur Herstellung von vorgeschriebenem konstanten Druck wird er belastet; eine Spiralfeder (auswechselbar) dient zur Feineinstellung und hebt jegliche Druckschwankung auf.

Über die Verwendung des Satrap-Gaslichtpapiers im Unterricht.

Von **Hermann Sommerlad** in Breslau.

Das von der „Chemischen Fabrik auf Aktien“ (vorm. E. Schering) zu Charlottenburg in den Handel gebrachte photographische Satrap-Gaslichtpapier läßt sich zu verschiedenen Demonstrationen im physikalischen und chemischen Unterricht an Stelle der teureren Bromsilberplatten oder der wenig lichtempfindlichen Chlorsilberpapiere mit Vorteil benutzen. An trüben Wintertagen besonders leistet es ausgezeichnete Dienste. Es empfiehlt sich, das kartonstarke Papier zu verwenden, da man die Bilder fast unmittelbar nach der Herstellung unter den Zuhörern herumreichen kann und sie auch zur ev. Aufbewahrung nicht aufzukleben hat. Oft genügen für einen Versuch schmale, von einem größeren Blatt abgeschnittene Streifen. Bei der relativ geringen Lichtempfindlichkeit des Papiers braucht man auch nicht zu ängstlich mit der Verdunkelung des Zimmers zu sein und kann eine kleine Gasflamme in größerer Entfernung ruhig brennen lassen. In folgendem seien einige Verwendungen des Papiers kurz beschrieben, die allerdings manchem Fachkollegen bekannt sein dürften.

1. Demonstration der chemischen Wirkungen des Lichtes. Auf ein Blatt des Papiers (Format 9/12 cm) lege man einige Geldstücke, belichte durch Ab-

brennen eines Streichholzes in 2 cm Entfernung, nehme die Münzen weg und zeige zunächst, daß noch keine sichtbare Wirkung des Lichtes wahrzunehmen ist. Dann entwickle man das Bild mit Adurol, zerschneide das Blatt in zwei Hälften, von denen die eine in das Fixierbad kommt, die andere sofort dicht an die Leuchtflamme gehalten wird. Ein zweites Blatt des Papiers bedecke man mit einer Glasplatte, auf die Streifen von Gelatinefolie verschiedener Farbe geklebt sind, belichte mit Streichholz, entwickle und fixiere. (Ist die Anzahl der Zuhörer nicht zu groß, so lasse man diese, um den Tisch gruppiert, die Vorgänge aus der Nähe beobachten.) Darauf wiederhole man den Versuch mit Gaslichtpapier, das man sich einige Tage vor dem Gebrauch orthochromatisch gemacht hat. Gute Resultate erzielte ich, bei Benutzung des „matten" Papiers, nach einer Vorschrift, die H. W. Vogel (Photographie, bearbeitet von E. Vogel) für Trockenplatten gibt. Als Vorratslösungen sind herzustellen 1. eine Lösung von 0,2 g Erythrosin in 100 ccm Alkohol, 2. eine solche von 0,05 g Cyanin in 50 ccm Alkohol. Dann mische man 50 ccm der ersten mit 5 ccm der zweiten Lösung und bewahre vor Licht geschützt auf. Zur Bereitung des eigentlichen Farbbades, das stets frisch anzusetzen ist, werden 2 ccm der Erythrosin-Cyaninlösung mit 10 ccm Alkohol, 40 ccm Wasser und 0,5 ccm Ammoniak gemischt. Nach Einlegung des Papiers in ein Vorbad von 1 ccm Ammoniak und 100 ccm Wasser kommt es in das Farbbad, worin es zwei Minuten verbleibt. Nach dem Abtropfen wird es in einem lichtdichten Karton getrocknet. Bei der Herstellung und Verwendung des orthochromatischen Papiers arbeite man bei gedämpftem Licht der Dunkelkammerlampe.

Will man unter Anwendung des Prismas die Wirkung der Spektralfarben zeigen, so entwerfe man das Spektrum zuerst auf das gewöhnliche, dann auf das orthochromatische Papier. Bei Benutzung der Bogenlampe als Lichtquelle und des Schwefelkohlenstoffprismas stelle ich ca. 30 cm von letzterem entfernt einen Pappschirm mit rechteckigem Ausschnitt (6 × 2 cm) auf, hinter den in ca. 40 cm Entfernung ein weißer Karton kommt, auf dem dann der lichtempfindliche Papierstreifen mit Zwecken befestigt wird. Ein Blatt vom Format 9/12 cm, der Länge nach durchschnitten, reicht für zwei bis drei Aufnahmen.

Ganz gut gelang auch die Aufnahme von Linienspektren. Man drücke z. B. eine Messerspitze eines mit etwas Wasser angerührten Gemisches von Soda, Calcium- und Strontiumkarbonat zwischen die Kohlen der Bogenlampe, schalte diese ein, ziehe die Kohlen rasch auseinander und verschiebe den weißen Schirm, bis auf ihm ein scharfes Bild der Linien entsteht. Dann wird nach Ausschaltung der Lampe das orthochromatische Gaslichtpapier auf dem Schirm befestigt und der Versuch wiederholt, wobei man nicht zu kurz belichte. Ich benutzte auch, wie F. C. G. Müller in seiner Technik des physik. Unterrichts angibt, zur Aufnahme der Spektrallinien die photographische Kamera, was bequemer ist. An Stelle des Objektivs kommt ein Kartonblatt mit rechteckigem Ausschnitt. Nach scharfer Einstellung der Visierscheibe ersetzt man diese durch das in der Kassette befindliche Papier.

Da mir keine Gelbscheibe zur Verfügung stand, übergoß ich eine Glasplatte mit einer Lösung von gelber, sog. „Fettfarbe" in Äther, die mit Kollodium gemischt wurde. Durch Vorschaltung dieser Platte ließ sich bei Benutzung des orthochromatischen Papiers die Abschwächung der blauen und violetten Strahlen zeigen.

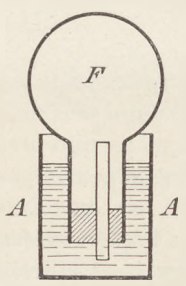
2. Fixierung der magnetischen Kraftlinien. Will man die Anordnung der Eisenfeilspäne um Magnete oder Stromleiter im Bild festhalten, so eignet sich hierzu auch sehr gut das Gaslichtpapier, das den Glasplatten gegenüber den Vorzug hat, daß man es leicht an beliebiger Stelle durchbohren und die vertikalen Stromleiter hindurch stecken kann. Nach Aufsieben der Feilspäne durch ein Drahtnetz und deren Anordnung belichte man mit Streichholz, entferne das Eisen, entwickle und fixiere.

3. Aufnahme elektrischer Entladungen. Man drücke Streifen des Papiers gegen die Elektroden der Influenzmaschine oder des Induktors an und lasse den Funken auf dem Papier überschlagen. Schöne Verästelungen ergeben sich, wenn man den einen Pol des Teslatransformators mit einem Stanniolblatt verbindet, darauf eine Glasscheibe und das Gaslichtpapier legt und letzteres mit einem Draht, der mit dem anderen Pol verbunden ist, berührt.

4. Radiographien. Da das Gaslichtpapier viel weniger empfindlich ist als die Trockenplatte, muß man die radioaktiven Substanzen viel länger auf es einwirken lassen. Ein mit einem Stanniolkreuz beklebtes Stück Uranpecherz gab nach 10 Tagen ein schwaches, nach 4 Wochen ein sehr deutliches Bild. Thoriumoxyd, erhalten durch Glühen des Nitrats, Asche von Glühstrümpfen und Monazitsand ließen auch nach dieser Zeit keine Einwirkung erkennen.

Versuche mit einfachen Mitteln.

Ein Luftpumpenversuch. Umkehrung des Heronsballes. Von Prof. **Ernst W. G. Schulze** in Leer (Ostfriesland). Ein Glasgefäß A ist z. T. mit gefärbtem Wasser gefüllt. Eine Kochflasche F ist durch einen Stöpsel aus Kork oder Gummi verschlossen. Durch den Stöpsel geht eine Glasröhre hindurch. Man ermittelt den Rauminhalt dieser so ausgerüsteten Flasche (a ccm). Dann taucht man die leere Flasche mit dem Halse in die gefärbte Flüssigkeit und stellt die ganze Vorkehrung unter die Luftpumpenglocke. Wird nun die Luft unter der Glocke verdünnt, so verliert sie an Spannkraft. Die Luft in der Flasche dehnt sich aus und entweicht z. T. in Blasen durch die gefärbte Absperrflüssigkeit, bis ihre Dichte und Spannkraft auf die der Luft unter der Glocke herabgegangen ist. Will man mit dem Auspumpen der Luft nicht mehr fortfahren, so läßt man wieder die Luft in die Glocke hinein. Diese drückt dann von der farbigen Absperrflüssigkeit so viel in die Flasche hinein, bis der Luftrest darin wieder seine ursprüngliche Dichte angenommen hat. Nun wird die Flasche wieder aus dem Glase A herausgenommen und die eingedrungene Flüssigkeitsmenge gemessen (b ccm).



Es seien ursprünglich a ccm Luft von der Dichtigkeit der atmosphärischen in der Flasche gewesen; davon sind b ccm entwichen. Der Rest von $(a - b)$ ccm hatte sich somit auf a ccm ausgedehnt. Die Verdünnung war demnach bis auf $\frac{a-b}{a}$ getrieben. Der Unterschied der Niveaus im Glase A und in der Flasche kann als unerheblich außer Rechnung bleiben. Die Glasröhre kann auch fortbleiben, sofern nur der Stöpsel durchbohrt ist. Läßt man auch den Stöpsel fort, so wird die Messung von b resp. $a - b$ zu ungenau.

Volumänderung von Glasgefäßen durch Druck. Von **R. Maurer** in Freiburg i. Br. Aus einer Flasche von elliptischem Querschnitt und $\sim$ 200 ccm Inhalt war ein Heronsball gebildet worden, der bis in die Spitze der Röhre mit Wasser gefüllt war. Ein Schüler bemerkte, daß durch Fingerdruck gegen die kleine Achse der Ellipse das Wasser etwas stieg und mit dem Nachlassen des Drucks sofort wieder fiel. Drückte man die große Achse zusammen, so erweiterte sich das Gefäß, und das Wasser sank, jedoch weniger als vorher, und stieg wieder, sobald der Druck aufhörte. Eine andere, ähnliche Flasche verhielt sich ebenso. (Sehr dünnwandige Glasgefäße, wie man sie leicht selbst blasen kann, sind bekanntlich noch weit nachgiebiger.)

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein „Beschleunigungsapparat". Unter dem Titel „*An acceleration apparatus*" beschreibt L. E. AKELEY (Univ. of South Dakota, Vermillion, U. S. A.) in der Zeitschrift *School Science and Mathematics, Vol. IX, Nr. 5* (May 1909) die folgende Vorrichtung. An das eine Ende eines Fadens ist ein Gewicht von 1 kg befestigt, an das andere Ende eine kleine Metallkugel von 11 g Gewicht und 1,5 cm Durchmesser. Der Faden (ein leichter Baumwollfaden) ist über eine Rolle von 20 cm Durchmesser geführt. Läßt man das Kilogrammstück durch eine vorgeschriebene Höhe (60,5 cm) fallen, so wird die kleine Kugel auf der Fläche eines Tisches in horizontaler Richtung mit wachsender Geschwindigkeit fortgezogen. Man richtet nun den Versuch so ein, daß in demselben Augenblick, in dem das Gewicht auf den Boden aufschlägt, die Kugel die Tischkante verläßt und eine Wurfbewegung einschlägt. Man hält einen dünnen Metallstab S in verschiedenen Abständen in den Weg der Kugel und bestimmt hierdurch den von ihr beschriebenen Weg. In Fig. 1 ist eine derartige Wurfkurve dargestellt; die folgende Tabelle gibt in Spalte 1 unter x den horizontalen Abstand des Stabes von der Tischkante, unter $a - y$ den vertikalen Abstand vom Boden, unter y die Fallhöhe, unter x' die aus dieser berechneten Werte von x, die mit denen der ersten Spalte recht gut übereinstimmen.

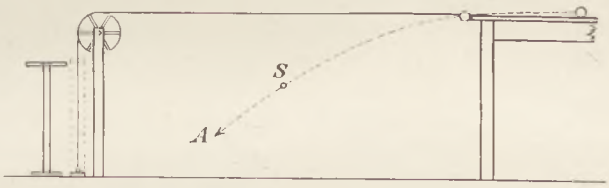


Fig. 1.

x	$a - x$	y	x'
74,5	63,9	23,6	75,3
88	55,3	32,2	88,06
97,8	47	40,5	98,72
115	33	54,5	114,6
119,5	27	60,5	120,7
123,7	23,7	63,8	123,8

Die Massen der kleinen Kugel und der Rolle sind im Vergleich mit der des Gewichtstückes zu vernachlässigen. Die Vorteile des Apparates sind folgende:

1. Die aus den Versuchen abgeleitete Kurve gestattet einen unmittelbaren Einblick in die fundamentalen Gesetze der Bewegung. So zeigt die Kurve in Fig. 1, daß im Punkt A die Kugel durch dieselbe Höhe von 60,5 cm gefallen ist wie das Gewichtstück. Die Bewegungsrichtung macht hier einen Winkel von 45° mit jeder Koordinatenachse, d. h. die vertikale und horizontale Komponente der Bewegung sind einander gleich, die letztere ist also ebenso groß wie beim Verlassen der Tischkante, oder mit anderen Worten, die horizontale Komponente der Wurfbewegung ist gleichförmig (Beharrungsgesetz und Unabhängigkeitsgesetz); die Abszissen der Wurfkurve sind demnach der Zeit proportional, die Kurve selbst ergibt daher unmittelbar das Gesetz $T = {}^1/_2\, a\, t^2$. Läßt man ferner das Gewicht durch eine Höhe von 1 m fallen, so findet man, daß der Stab S in 2 m horizontalen Abstand gestellt werden muß, um von der Kugel in 1 m Falltiefe getroffen zu werden; bei anderen Abständen findet man dasselbe Gesetz, die Endgeschwindigkeit des fallenden Körpers ist also doppelt so groß wie die Durchschnittsgeschwindigkeit während des Falles.

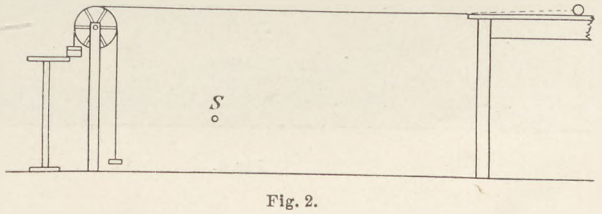


Fig. 2.

2. Der Apparat erläutert die Wurfbewegung und kann zur Bestätigung der Gesetze derselben dienen.

3. Der Apparat kann auch zur Demonstration der Beziehungen zwischen Kraft, Masse und Beschleunigung dienen. Zu diesem Zweck werde ein Gewicht von $1{}^1/_2$ kg an das eine Ende des Fadens gehängt und ${}^1/_2$ kg an das andere über die Rolle geführte. Ein zweiter leichter Faden verbindet das schwerere Gewichtstück mit der leichten Kugel (Fig. 2). Der Versuch zeigt, daß der Stab R an derselben Stelle wie in dem früheren Fall von der Kugel getroffen wird. *P.*

Ein Apparat zur Lehre vom Trägheitsmoment. Von H. HAMMERL. (*Vierteljahrsber. des Wiener Vereins z. Förd. des physikal. u. chem. Unterr. XIV 1, 1909.*) Der Apparat zur experimentellen Einführung des Begriffes Trägheitsmoment hat im Prinzip dieselbe Einrichtung wie die in dieser Zeitschrift von Koppe (*Bd. 5, S. 8*), Mischpeter (*10, 258*), Müller (*8, 194*) und Spies (*20, 137*) beschriebenen und wird vom Verf. nur deshalb bekannt gemacht, weil der Hauptbestandteil desselben in vielen (österreichischen) Anstalten bereits vorhanden ist und mittels kleiner Ergänzungen ohne große Kosten zu diesem Zwecke benützt werden kann. Es ist dies Machs Pendelapparat, der dazu dient, den Einfluß der Änderung der beschleunigenden Kraft auf die Schwingungsdauer zu demonstrieren.

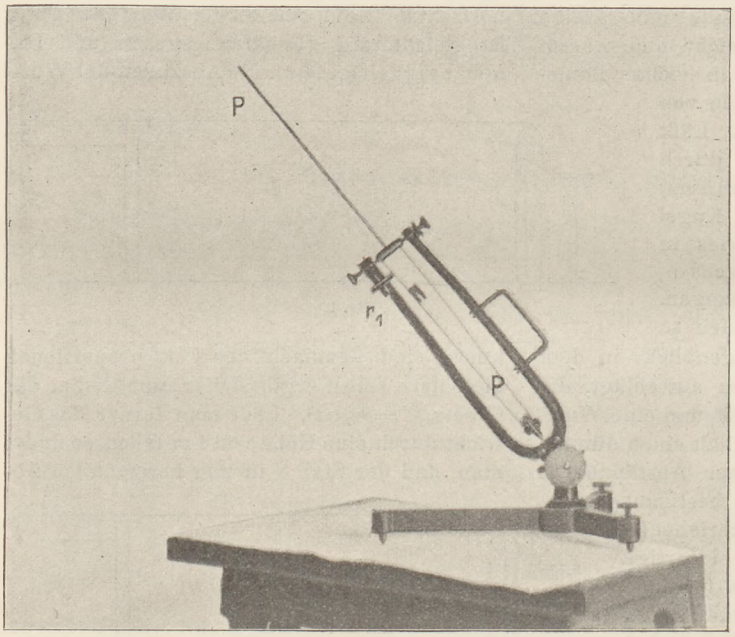


Fig. 1.

An der Gabel des Apparates (Fig. 1) wird eine kleine Rolle r_1, gelagert in Spitzen, angebracht und das eigentliche Pendel P durch eine in Spitzen gelagerte Stahlstange A (Fig. 2) von 60 cm Länge ersetzt; auf der Achse sitzt eine Aluminiumrolle r_2 von 4 cm Durchmesser. Auf der Stange lassen sich zu beiden Seiten der Achse in beliebiger Entfernung Bleimassen m, $\frac{m}{2}$ und $\frac{m}{4}$ befestigen.

Dreht man die Gabel aus der vertikalen Lage um 90° (Fig. 2), befestigt das eine Ende eines feinen Fadens f an der Rolle r_2, schlingt denselben mehrere Male herum, führt den Faden über die Rolle r_1 und bringt am freien Ende Gewichte p_1, p_2, p_3 an, so erfolgt eine gleichförmig beschleunigte rotierende Bewegung der Stange um eine vertikale Achse, wie sich aus der gemessenen Zeit und der gemessenen Wegstrecke direkt durch den Versuch nachweisen läßt. Die Messung der Zeit und die Einleitung der Bewegung erfolgt durch ein Metronom, die Messung der Wegstrecke mittels Vertikalmaßstabs mit Schieber und Zeiger.

Zur Einleitung der Bewegung ist an der Seitenwand des Metronoms M ein kleines Winkeleisen w befestigt, das einen leicht beweglichen gleicharmigen Hebel h trägt. In vertikaler Stellung des Hebels schlägt die Stange an das untere Ende des Hebels und ist in ihrer Bewegung gehemmt; bei der ersten äußersten Lage des Pendels b des Metronoms nach rechts erfolgt eine Drehung des Hebels, oben nach rechts, unten nach links, die Einleitung der Bewegung erfolgt mit dem Sekundenschlag 0, und das Gewicht p_1 schlägt nach einer gewissen ganzen Anzahl von Sekunden auf die Kartonplatte K auf, die mittels Kork auf dem Zeiger des Vertikalmaßstabes V befestigt ist.

Man zeigt zunächst durch den Versuch, daß die Beschleunigung direkt proportional dem Drehungsmoment ist; z. B. in 5 Sek. fällt das Gewicht p_1, wenn nur die Stange in Drehung versetzt wird, um 120 mm, das gibt: $h_1 = 9{,}6$, oder bezogen auf die Winkelgeschwindigkeit β, da bei einer Umdrehung der Faden sich um 13,8 mm abwickelt,

$$8{,}7 = \frac{\beta_1}{2} t^2, \text{ woraus } \beta_1 = 0{,}70.$$

Ersetzt man p_1 durch $2\,p_1$, so ergibt sich die Fallhöhe in 5 Sek. zu 250 mm. Das gibt $h_2 = 20$, $\beta_2 = 1{,}44$.

Der Einfluß der Masse wird demonstriert, indem man in derselben Entfernung von der Umdrehungsachse der Reihe nach die Massen $\frac{m}{4}$, $\frac{m}{2}$ und m auf der Stange befestigt. Je

größer die Masse, desto kleiner ist der in einer bestimmten Anzahl von Sekunden zurückgelegte Weg, der sich ziemlich rasch durch entsprechendes Verschieben der verschiebbaren Kartonplatte K bestimmen läßt. Die wirkliche Proportionalität läßt sich bei dem vom Verfasser benutzten Apparat wegen des großen Einflusses der Stange nicht nachweisen, aber wenn man eine hochkantig gestellte Holzstange und größere Bleigewichte nimmt, wird sich dieselbe wohl annähernd nachweisen lassen.

Nach der Demonstration des Einflusses der Masse zeigt man den Einfluß der Entfernung der Masse von der Umdrehungsachse, indem man z. B. die Masse m immer weiter hinausschiebt. Zum schnellen Befestigen der Massen in der richtigen Entfernung auf beiden Seiten der Umdrehungsachse dienen Kartonstreifen s; das eine Ende derselben wird an die Mantelfläche der Achse angelegt, an das andere Ende wird die Masse m bis zur Berührung herangeschoben, so daß man mit den passend abgeschnittenen Kartonstreifen rasch in beliebigen Entfernungen die Massen befestigen kann, und immer das indifferente Gleichgewicht vorhanden ist.

Um nun zu demonstrieren, daß der Einfluß der Masse bestimmt ist durch $m r^2$ und nicht durch $m r$, ermittelt man z. B. die Fallhöhe des Gewichtes p_1 für m im Abstande von 10 cm; sie beträgt in 10 Sek. 252 mm. Für $\frac{m}{2}$ im Abstande von 20 cm beträgt sie in 10 Sek. 184 mm, für $\frac{m}{4}$ im Abstande 20 cm erhält man wieder in 10 Sek. 251 mm.

Schließlich kann man noch zeigen, daß m im Abstande 8 cm und $\frac{m}{4}$ im Abstande 12 denselben Einfluß ausüben wie m im Abstande 10; oder m im Abstande 6 und $\frac{m}{4}$ im Abstande 16 wie m im Abstande 10 usf.

Das Stativ mit dem Apparat kommt auf den Experimentiertisch, damit der ganze Verlauf der Versuche von allen Schülern beobachtet werden kann. *P.*

Zur Demonstration des elastischen Stoßes. Von W. WESTPHAL (*Berichte d. D. physikal. Gesellsch. 1909, Heft 11*). Der zur Demonstration des elastischen Stoßes benutzte Apparat läßt sich wesentlich verbessern, wenn man an

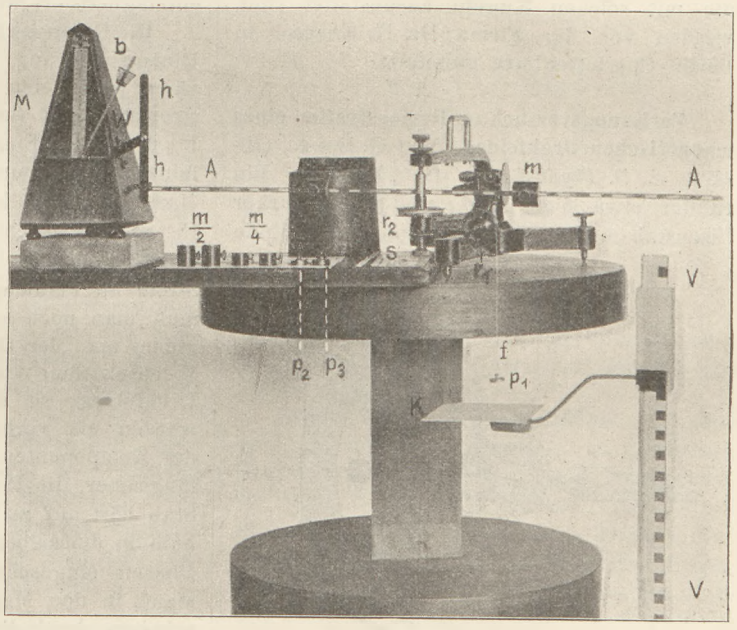


Fig. 2.

Stelle von Elfenbeinkugeln solche aus Stahl benutzt (wie sie zur Verwendung in Kugellagern von der Deutschen Waffen- und Munitionsfabrik in Berlin hergestellt werden). Zum Vergleich der elastischen Eigenschaften von Elfenbein, Glas und Stahl wurden zwei gleich große Kugeln desselben Materials bifilar als Pendel aufgehängt. Die eine wurde aus ihrer Ruhelage entfernt und stieß beim Zurückfallen auf die zweite, diese rückkehrend auf die erste u. s. f. Da der Stoß in keinem Fall vollkommen elastisch ist, so wird ein Teil der Energie in Deformationsarbeit umgesetzt, was sich in einer Abnahme der Amplitude zu erkennen gibt. Berücksichtigt wurde auch die Luftreibung, deren Einfluß sich durch die Amplitudenabnahme bei Schwingungen ohne Zusammenstoß ermitteln läßt. Es ergaben sich nach Abzug dieses Einflusses für den Energieverlust β bei einem Stoß folgende Resultate:

	Kugelradius cm	β %
Stahlkugeln	1,85	0,52
-	2,20	1,30
Glaskugeln	2,65	3,34
Elfenbeinkugeln	1,85	6,60
-	2,50	6,70

Die Überlegenheit der Stahlkugeln geht aus dieser Tabelle deutlich hervor. Apparate, die mit solchen Kugeln ausgestattet sind, werden von der Firma Dr. H. Koepsel in Berlin-Charlottenburg geliefert. *P.*

Vorlesungsversuch zur Demonstration eines magnetischen Drehfeldes. Von G. BODE. (*Berichte d. D. Physikal. Ges. 1909, Heft 2.*) Ein runder, etwa 35 cm langer und 0,5 cm starker Eisenstab *A* (Fig. 1) ist an seinem einen Ende

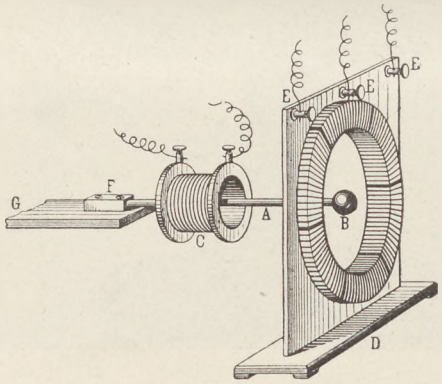


Fig. 1.

eingespannt, das freie Ende trägt eine blank polierte Messingkugel *B*. Dieser Eisenstab kann mittels einer Hilfsspule *C* durch Gleichstrom magnetisiert werden. Das freie Ende des horizontal gerichteten Stabes befindet sich in einem Drehstromfeld, das von einem vertikal stehenden Drehstromring *D* hervorgerufen wird, dessen drei Klemmen (*E E E*) mit einer Drehstrommaschine verbunden sind.

Bringt man nun die Periodenzahl der Wechselströme in Resonanz mit der Eigenschwingung des Eisenstabes und magnetisiert mit der Hilfsspule, so gerät der Magnetstab in lebhafte Schwingungen und folgt den Richtungen des magnetischen Feldes. Schaltet man nur eine Phase des Drehstromes ein, so schwingt der Stab (weithin sichtbar infolge seiner blanken Kugel) in Richtung der einen Komponente des Drehfeldes. Wählt man je eine andere Phase, so erhält man die um 120° verschobenen Komponenten. Beim Einschalten aller drei Phasen folgt der Stab dem Drehfeld und beschreibt einen Kreis. Vertauscht man zwei Wechselströme miteinander, dann ändert sich der Drehungssinn des Feldes, das freie Ende des Stabes beschreibt eine S-Linie und läuft im umgekehrten Sinn.

Mit einem permanenten Magnetstab kann man diese Versuche nicht anstellen, da der Magnet sofort durch die wechselnden Felder entmagnetisiert wird.

Die Resonanz stellt man angenähert durch Dimensionierung des Stabes und Anlegen einer geeigneten Spannung an das Drehstromaggregat (im beschriebenen Falle ein $1^1/_2$ pferdiger Einankerumformer) her. Die feinere Abstimmung der Periodenzahl der Maschine auf die Eigenschwingungen des Eisenstabes geschieht durch Regulierung der Tourenzahl der Maschine, indem man den Strom im Feldmagneten verändert. Hierbei muß man noch auf folgendes achten. Entnimmt man der Drehstrommaschine alle drei Wechselströme (bei der Demonstration des Drehfeldes), so muß mehr Arbeit geleistet werden als vorher bei der Demonstration der Komponenten, die Maschine läuft daher langsamer, die Resonanz ist gestört, und der Stab hört auf zu schwingen. Man muß deshalb in demselben Moment, in dem alle drei Phasen eingeschaltet werden, auch Widerstand in den Magnetkreis der Maschine zuschalten, damit diese nicht aus dem Takt fällt.

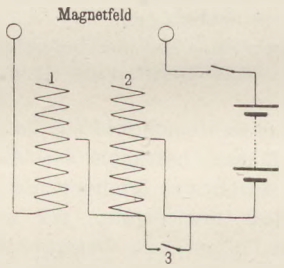


Fig. 2.

Man verfährt also folgendermaßen: Nachdem Stab und Maschinenspannung so gewählt sind, daß die Drehstrommaschine so langsam läuft, daß bei Einschaltung sämtlicher drei Phasen die Periodenzahl der Wechselströme geringer ist als die Eigenschwingung des Stabes, legt man vor das Magnetfeld des Umformers zwei Ruhstratwiderstände *1* und *2* (Fig. 2) von einigen 100 Ohm, von denen der eine (*2*) durch einen parallel geschalteten

Schlüssel *3* leicht kurzgeschlossen werden kann. Man schickt nun eine Phase in den Drehstromring, schließt den einen Widerstand *2* kurz und reguliert mit dem anderen Widerstand *1* die Tourenzahl der Maschine so, daß der Stab in Resonanz gerät. Dann schaltet man die drei Phasen ein und gleichzeitig auch den kurzgeschlossenen Widerstand *2*. Mit diesem reguliert man nun weiter, bis auch hier Resonanz vorhanden ist. Will man nun wieder nur mit einer Phase operieren, so muß man gleichzeitig mit dem Ausschalten der nicht gewünschten Phasen den Widerstand *2* kurzschließen.

Einige Schwierigkeiten bereitet das richtige Einspannen des Stabes. Man erhält nur dann eine wirkliche Kreisbewegung, wenn die Schwingungsmöglichkeit nach keiner Seite bevorzugt ist. Beim Einspannen in einen Schraubstock erhält man stets Ellipsen. Um dies zu verhindern, wurde der Eisenstab *A* (Fig. 1) mitten in einen viereckigen Messingklotz *F* eingelötet, dieser Klotz auf einer schweren Eisenplatte *G* aufgeschraubt und diese erst mit Schraubzwingen am Experimentiertisch befestigt.

Die Wirkung des Versuches wird noch erhöht, wenn man die Kugel von vorn mit konzentriertem Bogenlicht beleuchtet. Die Figuren werden dann von einem hell leuchtenden Punkte beschrieben und sind auch auf große Entfernungen leicht sichtbar.

Einfacher Apparat zur Demonstration der Magnetisierungs- und Hysteresiskurven. Von A. WEHNELT. *(Ber. d. D. Physikal. Ges. 1909, Nr. 5.)* Der Apparat ist im wesentlichen einem bereits 1894 von A. Koepsel konstruierten nachgebildet, aber kleiner und dem Zweck entsprechend einfacher ausgeführt.

Fig. 1 zeigt eine Skizze des Apparates. *F* ist der auf seine magnetischen Eigenschaften zu untersuchende Stab aus Eisen, Stahl oder einem anderen magnetisierbaren Material. Er ist eingespannt in ein bei *O* durch einen schmalen Luftspalt unterbrochenes Joch *J* aus weichem Schmiedeeisen von sehr viel größerem Querschnitt als der des „Prüfstabes“ *F*. K_1 und K_2 sind Schrauben, die *F* im Joch festhalten und für einen genügenden magnetischen Kontakt zwischen *F* und *J* sorgen. Um *F* ist die Magnetisierungsspule *M* gewickelt und derart an *J* befestigt, daß *F* leicht ausgewechselt werden kann.

In dem Luftschlitz *O* des Joches befindet sich eine ganz schwach gespannte Oszillographenschleife aus Bronzeband, auf die ein kleiner kreisrunder Spiegel *S* von 4 mm Durchmesser geklebt ist. Um Platz für den Spiegel zu schaffen, sind die Enden des Joches entsprechend ausgefeilt. Sendet man durch die Oszillographenschleife einen schwachen konstanten Gleichstrom und durch *M* einen von Null an wachsenden Strom, so erfährt der

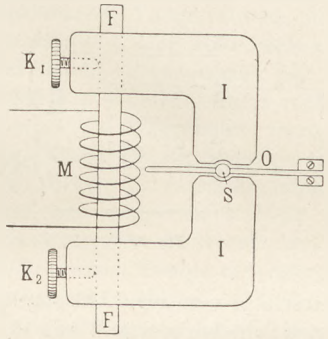


Fig. 1.

Spiegel *S* eine Ablenkung, die (wenigstens angenähert) proportional der Induktion *B* in dem Prüfstab ist.

Die Drehachse des Spiegels *S* stelle man horizontal und lasse einen intensiven Lichtstrahl auf ihn fallen. Den von *S* reflektierten Strahl lasse man auf den Spiegel eines recht nahe aufgestellten Drehspulgalvanometers (mit senkrechter Drehachse) fallen, das, mit passendem Nebenschluß versehen, in den Stromkreis der Magnetisierungsspule mit eingeschaltet ist. Den vom Galvanometerspiegel reflektierten Strahl fange man auf einem einige Meter entfernt aufgestellten Projektionsschirm auf.

Sendet man einen von Null an wachsenden Strom durch die Magnetisierungsspule *M* und das Galvanometer, so wird letzteres Ausschläge in horizontaler Richtung geben, die proportional der Stärke *H* des magnetisierenden Feldes wird. Da aber gleichzeitig der Lichtstrahl durch den Spiegel *S* eine senkrechte Ablenkung erfährt, die proportional der Induktion *B* ist, so erhält man auf dem Projektionsschirm die Magnetisierungskurve des benutzten Stabes.

Unterwirft man den Stab einer zyklischen Magnetisierung, so erhält man auf dem Schirm die Hysteresiskurve des betreffenden Materials. Nimmt man das Licht einer Bogenlampe zur Darstellung der Kurven, so läßt sich leicht eine solche Helligkeit erreichen, daß der Lichtfleck auf der grauen Schiefertafel des Hörsaals deutlich zu erkennen ist. Man kann dann den Weg des Lichtbildes auf

der Tafel mit Kreide gleich nachzeichnen. Die charakteristischen Unterschiede der Hysteresiskurven von Eisen und Stahl kommen sehr gut zum Ausdruck. Die Kurven kann man mit Leichtigkeit in einer Größe darstellen, die für das größte Auditorium ausreicht.

Zur Ausführung der zyklischen Magnetisierung dient folgende Schaltung (Fig. 2).

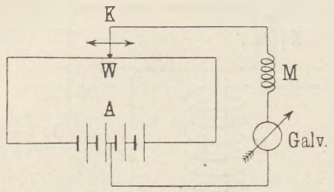


Fig. 2.

Eine Batterie A von vier Akkumulatoren ist durch einen Schieberheostat W von 10 Ω Widerstand geschlossen. Vom Schiebekontakt K aus geht eine Leitung zur Magnetisierungsspule M des Apparates, zum Galvanometer und von da zur Mitte der Batterie A. Steht K gerade in der Mitte von W, so ist die Stromstärke im Kreise M — Galvanometer gleich Null. Verschiebt man K langsam nach links oder rechts, so wird M und das Galvanometer von einem langsam wachsenden Strome in einem oder im entgegengesetzten Sinne durchflossen, wie es zur Ausführung der zyklischen Magnetisierung erforderlich ist.

(Die Ausführung des Apparates hat die Aktiengesellschaft Siemens & Halske, Berlin-Nonnendamm, übernommen.)

Versuche über die Wirkung einer elektrischen Spitze auf eine Kerzenflamme[1]. Von V. CHIANINI. Es ist hierbei nicht nur die mechanische abstoßende Wirkung des elektrischen Windes, sondern auch die Abstoßung oder Anziehung der elektrischen Spitze auf die elektrisch geladenen Teilchen der Flamme in Betracht zu ziehen. Bei der Flamme einer Kerze oder eines Gasbrenners sind die glühenden Kohleteilchen positiv geladen, so daß an einer positiv geladenen Spitze hierdurch ebenfalls Abstoßung bewirkt wird. Bei einer negativ geladenen Spitze dagegen sind die beiden Wirkungen einander entgegengesetzt; wo die mechanische Wirkung am stärksten ist, findet Abstoßung statt, während gleichzeitig eine Zunge der Flamme sich gegen die Spitze hin biegt. Auch eine negative Spitze kann eine vollständige Abstoßung der Flamme erzeugen, wenn sie gegen den unteren Teil der Flamme gerichtet und etwas nach oben geneigt wird. Ebensolche Wirkungen treten ein, wenn an Stelle der Spitze die Flamme elektrisiert wird.

Zur Demonstration in der Vorlesung eignet sich folgender Versuch: Zwischen zwei mit den Polen einer Elektrisiermaschine verbundene Metallscheiben bringt man eine Stearinkerze, deren Docht mit Kochsalz umgeben ist. Es bilden sich an der Flamme zwei Zungen; die kleinere gelbgefärbte Zunge biegt sich gegen die positive Scheibe, sie enthält die negativ geladenen Natriumteilchen; die andere ist gegen die negative Scheibe gerichtet, weil die Kohleteilchen positiv geladen sind. Ein in einen der Leitungswege eingeschaltetes Galvanometer zeigt den Durchgang eines Stroms, der teils durch die positiven, teils durch die negativen Teilchen übertragen wird.

2. *Forschungen und Ergebnisse.*

Gleichgewichte in Gasen bei hohen Temperaturen[1]. Bringt man reaktionsfähige Gase oder gelöste Stoffe in den der Reaktionsformel entsprechenden Mengen zusammen und leitet die Reaktion ein, so verläuft die Umsetzung theoretisch nicht vollständig, sondern führt zu einem Gleichgewicht zwischen den bei der Reaktion verschwindenden und entstehenden Stoffen. Dieses Gleichgewicht verschiebt sich mit dem Druck und der Temperatur, und zwar in der Richtung, daß mit steigender Temperatur diejenige Reaktion bevorzugt wird, welche Wärme verbraucht, und mit steigendem Druck die Konzentration derjenigen Stoffe wächst, welche das kleinere Volumen einnehmen. Diese beiden Sätze, die man zusammenfassend „das Prinzip des kleinsten Zwanges“ nennt, stellen eine Art von Anpassung eines veränderlichen Komplexes an unbequeme äußere Bedingungen dar.

Das Gesagte sei durch ein gut untersuchtes Beispiel erläutert: Die elektrolytische Dissoziation der Essigsäure in wässeriger Lösung steigt mit steigendem Druck, weil die bei der Dissoziation entstehenden Ionen $H^{\cdot}$ und CH_3COO' ein kleineres Volumen einnehmen als das nicht dissoziierte Molekül

[1] N. Cim. (5) 16, S. 320—322, 1908. Beibl. d. Phys., Bd. 33, Heft 12, 1909.

[1] Nach Arbeiten von Nernst und seinen Schülern.

CH_3COOH. Ebenso steigt die Dissoziation auch mit steigender Temperatur (schwach) an, weil bei der Dissoziation des Moleküls in die Ionen (ein wenig) Wärme verbraucht wird. Wie das Gleichgewicht von der Konzentration der in die Reaktionsformel eingehenden Stoffe abhängt, sagt bekanntlich das Massenwirkungsgesetz aus. Ist die Reaktion schematisch $A + B = C + D$ oder korrekter $A + B \rightleftarrows C + D$, so ist

$$\frac{[A]\,[B]}{[C]\,[D]} = \text{konst.},$$

wo die in Klammern stehenden Buchstaben die räumlichen Konzentrationen angeben. Für Essigsäure ist also

$$\frac{[H^{\cdot}]\,[CH_3COO']}{[CH_3COOH]} = K$$

eine nur vom Druck und von der Temperatur abhängige Konstante, die „Dissoziationskonstante". Die Änderung von K mit der absoluten Temperatur ist durch die Gleichung

$$\frac{d\ln K}{dT} = \frac{-Q}{RT^2}$$

gegeben, wo Q die bei der Dissoziation eines Grammoleküls entwickelte Wärme ist.[2]) Bedeutet V die bei der Umsetzung von einem Grammmolekül eintretende Volumzunahme, so gibt die Formel $\frac{d\ln K}{dp} = \frac{-V}{RT}$ die Abhängigkeit der Gleichgewichtskonstanten vom Druck.

Während die Forscher im Laufe der letzten Jahrzehnte eine Unzahl von Gleichgewichten in Lösungen untersucht haben, waren unsere Kenntnisse von den in Gasen herrschenden Gleichgewichten bis vor kurzem recht spärlich. Ja die Existenz mancher Verbindungen und Gemische schien der Theorie stracks zuwiderzulaufen. Betrachten wir zwei typische Fälle: Bei der Bildung von Wasserdampf aus Knallgas wird eine kolossale Wärmemenge frei und das Gas kontrahiert sich auf $^2/_3$ des ursprünglichen Volumens. Also sollte sich das Gleichgewicht zwischen H_2, O_2 und H_2O bei Druck- und Temperaturänderungen erheblich verschieben: Beim Verringern des Drucks sollte Wasser zerfallen, beim Erniedrigen der Temperatur Knallgas verschwinden. Statt dessen lassen sich bei allen Drucken und allen (bequem erreichbaren) Temperaturen alle beliebigen Gemische der drei Stoffe herstellen und unbegrenzt halten, vorausgesetzt, daß der Sättigungsdruck des Wasserdampfes nicht überschritten wird. — Umgekehrt werden alle Stickoxyde aus den Elementen unter nicht unerheblichem Wärmeverbrauch gebildet. Trotzdem halten sich einige Stickoxyde mit beliebigen Zusätzen von Stickstoff und Sauerstoff in einem großen Temperaturintervall unverändert (vgl. diese Zeitschr. **21**, S. 399).

Erst in den letzten Jahren sind diese scheinbaren Widersprüche mit der Theorie aufgeklärt. Frühere Forscher wie DEVILLE, V. MEYER, LE CHATELIER, A. W. v. HOFMANN, BODENSTEIN u. a. m. haben bei höheren Temperaturen qualitative Zersetzungen („thermische Dissoziation") konstatiert und auch die Gleichgewichtsverhältnisse für einige leicht zersetzliche Gase wie HJ und N_2O_4 quantitativ untersucht. Aber die systematische Untersuchung der Gasreaktionen, die bei früher unerreichbaren Temperaturen stattfinden mußte, und die zu den allerschwierigsten Experimentalaufgaben gehört, verdanken wir in erster Linie NERNST und seinen Schülern.

Die Untersuchungen haben wichtige praktische Früchte gezeitigt und unsere theoretischen Kenntnisse in ungeahnter Weise vermehrt und befestigt. Sie scheinen sogar zu einem dritten thermodynamischen Hauptsatz zu führen. Während die Thermodynamik bisher nur die Veränderungen des Gleichgewichtes zu berechnen lehrte, ist NERNST auf dem Wege, die absoluten Zahlen der Gleichgewichtskonstanten aus anderen thermischen Daten abzuleiten.

An einem der wichtigsten Beispiele, der Dissoziation des Wasserdampfes, seien die modernen Arbeitsmethoden — unter möglichster Beiseitelassung aller technischen Einzelheiten — etwas ausführlicher erläutert. Daß Wasserdampf bei Temperaturen über 1000° C spurenweis in die Elemente zerfällt, war lange bekannt, aber über das Ausmaß des Zerfalls fast nichts. Beseitigt man den enormen „chemischen Widerstand", der die Umsetzung des Knallgases zu Wasser dergestalt hemmt, daß ein stabiler Zustand vorgetäuscht wird, leitet

[2]) Um die Gültigkeit des Massenwirkungsgesetzes und den Einfluß der Temperatur auf die Dissoziation von Dämpfen qualitativ zu demonstrieren, können zwei evakuierte Ballons dienen, von denen der eine mit etwas Phosphorpentabromid, der andere mit Penta- + Tribromid beschickt ist. Temperatursteigerung erhöht die (durch das Auftreten der Bromfarbe augenfällige) Dissoziation, weil bei der Dissoziation eine erhebliche Wärmemenge gebunden wird (pro Grammmolekül ca. 18000 cal.); Zusatz von Tribromid drängt unter sonst gleichen Bedingungen die Dissoziation ganz deutlich zurück.

man den Umsatz etwa durch Zubringen von Platinschwarz ein, so verläuft die Reaktion scheinbar vollständig. Erst als es gelang, Temperaturen von 1100—1900° C auf einem kleinen Bereich (im elektrischen Widerstandsofen aus Platin oder Iridium) konstant zu halten und bei ihnen zu messen, klärten sich die Widersprüche auf. Bei so hohen Temperaturen stellt sich das Gleichgewicht zwischen den Gasen sehr schnell ein und ist unter Umständen von beiden Seiten her zu erreichen. Je nachdem empfiehlt es sich, bei der Messung von dem unzersetzten Gase oder von dem vollständig dissoziierten Gemisch auszugehen. Sind beide Messungen möglich, so müssen sie zu denselben Zahlenwerten führen. Beim Wasserdampf stammt die eleganteste und — wenigstens auf dem Papier — einfachste Methode, den Dissoziationsgrad zu messen, von NERNSTS Schüler LÖWENSTEIN[3]). Platin, Palladium und auch Iridium lassen in glühendem Zustande bekanntlich Wasserstoff hindurch, andere Gase nicht. Man hat also in diesen Metallen „semipermeable Membranen" vor sich, die zwischen 1000 und 2000° C benutzbar sind. Befindet sich eine evakuierte, rotglühende Platinbirne in einem wasserstoffhaltigen Gase, so diffundiert der Wasserstoff in die Birne hinein, bis der Druck gleich dem Partialdruck des Wasserstoffs im Gasraum ist. Die Messung an einem empfindlichen Manometer gibt also — wenn man von Korrektionen absieht — direkt die Konzentration der einen Komponenten und somit die Dissoziation an. LÖWENSTEIN und später v. WARTENBERG[4]) leiteten einen langsamen Wasserdampfstrom in einen elektrisch geheizten Platin- oder Iridiumofen, in dessen Innerem sich die semipermeable Birne befand; sie war bei LÖWENSTEIN aus Platin, bei v. WARTENBERG aus Iridium gefertigt. Die Temperatur wurde mit einem Thermoelement oder optisch gemessen. Folgendes sind die Resultate, die mit den von NERNST und v. WARTENBERG extrapolierten (s. u.) verglichen werden mögen.

° C	Dissoziation in Prozenten	Nach N. und v. W. extrapoliert	Material der Birne
1432	0,10	0,12	*Pt*
1510	0,18	0,19	*Pt*
1590	0,35	0,32	*Pt*
1695	0,52	0,48	*Pt*
1882	1,18	1,18	*Ir*
1984	1,77	1,79	*Ir*

[3]) Zeitschr. f. phys. Chem. **54**, 715, 1906.
[4]) Zeitschr. f. phys. Chem. **56**, 526, 1906.

LÖWENSTEIN wendete die Methode auch auf Chlorwasserstoff an (Dissoziation 0,27 % bei 1537° C). Für Gase, die bei relativ niederen Temperaturen bereits weitgehend dissoziiert sind, wie z. B. Ammoniak, ist die Methode weniger am Platze. Wo bei tieferen Temperaturen eine sehr kleine Dissoziation zu messen ist, muß man auf das kaltwarme Rohr von Deville zurückgreifen, das früher zu qualitativen Untersuchungen diente. Die DEVILLI sche Anordnung war bekanntlich die folgende: In der Achse einer hocherhitzten Röhre befindet sich ein von kaltem Wasser durchströmtes enges Rohr, an dem sich ein kleiner Teil des Gasgemisches so schnell abkühlt, daß ihm keine Zeit zu einer erheblichen Verschiebung des Gleichgewichtes bleibt. Denn mit sinkender Temperatur nimmt die Reaktionsgeschwindigkeit weit rascher ab als der Dissoziationsgrad. Das einer höheren Temperatur entsprechende Gleichgewicht „friert fest", wie der prägnante, allgemein übliche Ausdruck lautet (vgl. diese Zeitschr. **21**, S. 399). Für quantitative Messungen ist aber das Devillesche Rohr zunächst nicht brauchbar, da nur ein Teil der Dissoziationsprodukte das Rohr unverbunden verläßt und die Temperaturverhältnisse zu wenig scharf definiert sind. NERNST hat die Methode theoretisch und praktisch durchgearbeitet, wobei das Rohr seine Gestalt von Grund aus änderte. Es erhielt die Form einer Pipette mit seitlichem Ansatz. In die oberste Öffnung wird das (in einem Porzellanröhrchen steckende) Thermoelement eingeführt, der seitliche Ansatz dient zum Einleiten des Gases; im Bauch der Pipette dissoziiert das Gas und verläßt die Pipette durch ein langes kapillares Rohr, das aus dem Ofen herausragt und leicht gekühlt werden kann. Da die Bohrung kapillar ist, ist dort die Strömungsgeschwindigkeit und das Temperaturgefälle sehr groß, so daß das Gas das kritische Temperaturgebiet, in dem der Dissoziationsgrad rasch zurückgehen kann, sehr schnell durchläuft. Wenn auch alle Fehlerquellen den Dissoziationsgrad zu klein finden lassen, gibt es doch für jedes Gas ein Temperaturgebiet, wo der Apparat, wenn das Gas genügend lange im Dissoziationsraum verweilt, richtige Zahlen liefert. Man hat stets die Kontrolle, ob sich aus den bei zwei Temperaturen gefundenen Dissoziationsgraden nach der oben angeführten Gleichung der richtige Wert für die Reaktionswärme berechnet. Wie sich aus den bei verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten und Gasgemischen gefundenen Werten

das Gleichgewicht und die Reaktionsordnung berechnet, muß aus den Originalarbeiten entnommen werden. Dadurch, daß man dem Wasserdampf wechselnde (kleine) Mengen von elektrolytisch entwickeltem Knallgase beimengt, kann man sich dem Gleichgewichte von vornherein nähern. NERNST und v. WARTENBERG[5]) fanden, daß ihr Apparat bei 1100 bis 1200° C die richtigen Werte lieferte (bei 1124° C 0,0078 %, bei 1207° C 0,0189 % Dissoziation), aus denen dann mit Hilfe der bekannten Wärmetönung der Reaktion die für andere Temperaturen geltenden Dissoziationsgrade berechnet wurden. Die obenstehende Tabelle zeigt, daß auch bei wesentlich höheren Temperaturen die Übereinstimmung zwischen den berechneten und den nach einer ganz anderen Methode bestimmten Werten eine glänzende ist. Aus den auf Zimmertemperatur extrapolierten Partialspannungen des Wasserstoffs und Sauerstoffs über Wasser berechnete NERNST den Wert für die elektromotorische Kraft der Knallgaskette (1, 2 3 Volt), der durch neuere Arbeiten so gut wie sichergestellt ist. Er liegt um ca. 0,08 Volt höher als der direkt an Platinelektroden beobachtete Wert, der unsicher ist, weil die „Sauerstoffelektrode" unscharf definiert ist. Es ist ein überraschend kühnes Unterfangen, aus ganz schwierigen Messungen bei 1000—2000° einen bei Zimmertemperatur relativ leicht zu erhaltenden Wert richtigzustellen!

Daß die Arbeits- und Analysenmethoden von Gas zu Gas verschieden sein müssen, ist selbstverständlich. Das Material der Öfen, die Optimumtemperatur für die Messungen bringen eine Menge von Variationen in den Einzelheiten der Versuchsanordnung mit sich. So wurde bei der Untersuchung der Reaktion $2\,CO_2 \rightleftarrows 2\,CO + O_2$[6]) bald reine, bald durch Funken teilweis zersetzte Kohlensäure in die Porzellanpipette eingeführt und in einem eleganten Absorptionsapparat die unzersetzte Kohlensäure durch Wägung festgestellt, das nicht absorbierte Gasgemenge gemessen und zugleich analysiert. Beim Ammoniak, wo die Reaktionsträgheit des Stickstoffs das Arbeiten bei hohen Temperaturen erfordert, aber bei diesen das Gleichgewicht schon weit zuungunsten des Ammoniaks verschoben ist, wurden die entscheidenden Versuche in einem „Bombenofen" angestellt[7]). Ein starkwandiges Eisenrohr enthielt den Widerstandsofen, der wie eine BERTHELOTsche Verbrennungsbombe abgedichtet und isoliert war und 50 bis 70 Atm. aushielt. Der Ofen wurde mit Platinfolie als Katalysator beschickt, damit die Gleichgewichtskonzentration selbst, nicht die von Strömungsgeschwindigkeiten abhängigen scheinbaren Dissoziationsgrade resultierten.

In der Tat waren die erhaltenen Werte bei allen Temperaturen (690—1040° C) von der Strömungsgeschwindigkeit des Stickstoff-Wasserstoffgemisches unabhängig. Wie leicht das Ammoniak zerfällt, oder wie wenig Ammoniak bei diesen nicht einmal besonders hohen Temperaturen neben den Zersetzungsprodukten existenzfähig ist, geht aus den nachfolgenden Zahlen hervor:

° C	% Ammoniak	$\sqrt{\frac{[H_2]^3[N_2]}{[NH_3]^2}}$
685	0,0178	1830
876	0,0055	5900
1000	0,0032	10200

Das Gleichgewicht zwischen Stickstoff, Sauerstoff und Stickoxyd hat der Ref. früher in dieser Zeitschr. (loc. cit.) behandelt. Da die Verbindung unter Wärmeabsorption vor sich geht, steigt die Ausbeute, im Gegensatz zu den bisher besprochenen Reaktionen, mit steigender Temperatur. Nur eine kurze thermochemische Bemerkung über die Bildung von Salpetersäure aus Stickstoff, Sauerstoff und Wasser! Bei jeder Explosion in der BERTHELOTschen Verbrennungsbombe, die mit dem umgebenden Kalorimeterwasser eine Art kalt-warmer Röhre darstellt, entsteht infolge der hohen lokalen Verbrennungstemperatur und der großen Konzentration der komprimierten Gase etwas Stickoxyd — unter Wärmeabsorption. Das Gas oxydiert sich zu HNO_3, welche sich in dem einpipettierten Wasser löst — unter starker Wärmeentwicklung, so daß die Hydratationswärme die Bildungswärme überkompensiert, und ein auf den ersten Blick thermodynamisch unmöglicher Zeichenwechsel eintritt! Solche Fälle, die zur Vorsicht in der Interpretation von Wärmetönungen mahnen, sind speziell durch Eintreten von Hydratation nicht ganz selten.

Die Hoffnung, bei der Untersuchung der Gleichgewichtsverhältnisse zwischen Wasserstoff, Stickstoff und Ammoniak ein Druck- und Temperaturgebiet zu finden, in dem die Ammoniakbildung aus den Elementen technisch durchführbar ist, hat sich leider nicht erfüllt. Aber für die Aktivierung des Luftstickstoffs durch Sauerstoff haben NERNSTS

[5]) Zeitschr. f. phys. Chem. **56**, 53 ff., 1906.

[6]) NERNST und v. WARTENBERG, Zeitschr. f. phys. Chem. **56**, 548, 1906.

[7]) NERNST und JOST, Zeitschr. f. Elektrochem. **13**, 521, 1907.

Werte die sichere Grundlage geliefert. NERNST hat aus seinen Werten für die Dissoziation des Wasserdampfes und der Kohlensäure interessante praktische Folgerungen für die Vorgänge in den Gasmotoren gezogen (Monographie. Jul. Springer, 1905). Mit seinen Mitarbeitern hat er versucht, die einfachsten Prozesse in der organischen Chemie, die schon recht komplizierten Gleichgewichte zwischen Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und deren Verbindungen klarzustellen. Auf Einzelheiten kann in diesem kurzen Bericht, der auf Vollständigkeit keinen Anspruch macht und mehr einen Hinweis als eine Übersicht darstellt, nicht eingegangen werden.

Bei gänzlich anders gearteten Experimenten hat man die Einstellung von ähnlichen — weit nach der einen Seite verschobenen — Gleichgewichten zwischen Elementen und ihrer Verbindung wie

$$2\,H_2 + O_2 \rightleftarrows 2\,H_2O, \qquad H_2 + Cl_2 \rightleftarrows 2\,HCl,$$
$$2\,CO_2 \rightleftarrows 2\,CO + O_2$$

beobachtet. RAMSAY fand bei seinen an Überraschungen so reichen radioaktiven Untersuchungen, daß sich H_2O, HCl, CO_2 unter dem Einfluß von Radiumemanation mehr oder weniger weitgehend zersetzten, und umgekehrt sich aus Knallgas Wasser, aus Chlorknallgas Salzsäure bildete. Daß die Versuche rein qualitativer Natur sind, liegt auf der Hand. Aber interessant ist die Parallele zwischen der hemmungsbeseitigenden Wirkung der hohen Temperaturen und der enormen beim „Explodieren von Atomen" frei werdenden Energiemengen. *W. Roth-Greifswald.*

Aus der Akustik. Eine neue Versuchsanordnung zur Sichtbarmachung von Funkenschallwellen nach der Schlierenmethode beschreibt M. TOEPLER[1]). Das Prinzip der Methode ist das gleiche wie es bereits 1867 von A. Toepler angegeben wurde. Dabei folgt dem schallerzeugenden Funken nach kurzer Zeit ein zweiter, der Beleuchtungsfunken; durch eine optische Vorrichtung beobachtet man die von dem ersten erzeugte Explosionswelle. Zur Beleuchtung fand nun M. TOEPLER einen Gleitfunken auf Halbleiterstäben besonders geeignet. Die von ihm benutzte Anordnung ist in Fig. 1 dargestellt. M ist die Stromquelle (Influenzmaschine), s eine Sicherheitsfunkenstrecke, C_1, C_2 und C_3 sind Leidener Flaschen. Die Gleitfunkenstrecke f wird erzeugt auf einem sehr stark angefeuchteten Stück Schreibkreide, die auf einer Glasplatte liegt. F ist der Schallfunken, L eine Beleuchtungslinse. Um über verschieden große Zeitdifferenzen zwischen beiden Funken verfügen zu können, läßt sich die Primärspannung durch eine besondere Hilfsfunkenstrecke variieren. Als Blende B dient ein Blech mit geradlinigem Rande, bei O ist das Auge oder ein Fernrohr anzubringen. Man sieht bei dieser Anordnung die Schallwellen so deutlich, daß nicht einmal eine Verfinsterung des Beobachtungszimmers erforderlich ist. Wählt man $C_1 = C_2$ größer als vier Leidener Flaschen, so genügt die Beleuchtungsstärke, um mittels einer an Stelle des Fernrohres bei O aufgestellten Linse bequem photographierbare Bilder zu geben. Der Verf. reproduziert mehrere mit je 8 Flaschen hergestellte Bilder, die die Schallwellen in der Tat sehr deutlich erkennen lassen.

Dieselbe Versuchsanordnung gestattet auch Schallwellen elektrischer Oszillationen zu beobachten und zu photographieren. Dazu ist es nur nötig, die Kapazität C_3 unter Hinzufügung einer nicht zu kleinen Selbstinduktionsspule parallel zur Schallfunkenstrecke F zu schalten. Man kann auf solchen Bildern immer scharf unterscheiden: 1. die Hauptwelle, 2. eine ganze Reihe weiterer kleinerer Wellen, 3. das Schlierenbild der heißen Gase des Funkenkanals F. Auf den Photogrammen läßt sich auch die von Mach gefundene Eigentümlichkeit von Funkenschallwellen, übernormale Fortpflanzungsgeschwindigkeiten zu besitzen, verfolgen. Es wurden bei starken Funken Geschwindigkeiten bis zu 462 m/sec festgestellt; die Geschwindigkeiten der schwächsten Wellen kamen der normalen (343 m/sec) nahe.

Für Untersuchungen über Fortpflanzungsgeschwindigkeit, Hörbarkeitsgrenze usw. erweist sich nach E. DIECKMANN der Poulson-Lichtbogen als eine sehr brauchbare Schallquelle[2]). Der Verf. konnte hiermit noch Schallwellen von der Schwingungszahl 800 000 messend verfolgen. Die Wellenlänge λ_a der kurzen akustischen Wellen des Lichtbogens wurde mit einem Reflexionsgitter, die elektrische Wellenlänge λ_e und damit die akustische Schwingungszahl mit einem in der drahtlosen Telegraphie angewandten Wellenmesser bestimmt; dann ist die akustische Fortpflanzungsgeschwindigkeit $c_a = (c_e \cdot \lambda_a)/\lambda_e$. Während Poulson seinen Lichtbogen in einer

[1]) Ann. der Physik **27**, 1043 (1908).

[2]) Ann. d. Physik **27**, 1066 (1908).

Wasserstoffatmosphäre brennen ließ, benutzte der Verf. Leuchtgas. Die Schallgeschwindigkeit im Leuchtgas erwies sich als konstant bis zu Schwingungszahlen von 800 000. bis zur kleinsten in Leuchtgas bzw. Luft gemessenen Wellenlänge von 0,59 bzw. 0,43 mm. Das Verhältnis der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in Leuchtgas zu der in Luft war 70,1 : 51; nimmt man für c_a in Luft 331 m/sec, so ergibt es sich in Leuchtgas gleich 455 m/sec. Aus der nach der Gittermethode gemessenen akustischen Wellenlänge kann man, wenn die als konstant anzusehende Schallgeschwindigkeit bekannt ist, die Länge elektrischer Wellen bestimmen. *Schk.*

Aus der Wärmelehre. Zur Theorie des Gewächshauses. Von R. W. WOOD[1]). Die Auffassung, daß ein mit Glas gedeckter Raum wie eine Strahlenfalle wirke, indem die von der Sonne ausgestrahlten kürzeren Wellen Wände und Boden erwärmen, dagegen die von diesen kommenden längeren Wellen das Glas nicht zu durchdringen vermögen und darum die Temperatur des Gewächshauses erhöhen, ist dem Verf. schon lange als nicht genügend begründet erschienen. Er war vielmehr der Meinung, daß auch ein Gewächshaus, das mit einem für alle Wellen durchlässigen Schirm bedeckt ist, dieselbe Temperatur zeigen würde wie ein mit Glas bedecktes. Der durchlässige Schirm erlaubt den Sonnenstrahlen, den Boden zu erwärmen, der Boden wieder erwärmt die Luft, aber nur die in dem geschlossenen Raum enthaltene begrenzte Menge. Im Freien dagegen wird der Boden durch Strömungen fortwährend mit kalter Luft in Berührung gebracht und kühlt sich daher ab. Um die Sache zu entscheiden, nahm WOOD zwei Kästen aus mattem schwarzen Karton und bedeckte den einen mit einer Glasplatte, den andern mit einer Steinsalzplatte von gleicher Dicke. In jedem Kasten befand sich die Kugel eines Thermometers, mit Ausnahme der durchsichtigen Platten waren sie mit Watte eingehüllt. In der Sonne stieg die Temperatur allmählich bis auf 65° C, in dem mit Salz bedeckten Kasten etwas höher als in dem andern, da das Salz auch die längeren Wellen durchließ. Um diesen Fehler zu eliminieren, wurden die Sonnenstrahlen zuerst durch eine Glasplatte geschickt. Nun war kaum ein Temperaturunterschied in beiden Kästen zu bemerken; die höchste Temperatur betrug jetzt 55°. Da die von einem Körper von 55° kommende Strahlung von Glas völlig absorbiert, von Steinsalz durchgelassen wird, so kann der Wärmeverlust des Bodens durch Strahlung nur klein sein im Vergleich mit dem Verlust durch Strömung, der eben in dem geschlossenen Raume fortfällt. WOOD schließt aus seinem Versuche, daß auch die für die Temperatur der Atmosphäre eines Planeten aus ihrer ungleichen Durchlässigkeit für Strahlen verschiedener Wellenlänge gewöhnlich gezogenen Folgerungen nicht aufrecht zu erhalten sind.

Im Anschluß hieran teilt C. G. ABBOT, Direktor des astrophysikalischen Observatoriums in Washington, mit, daß man innerhalb eines „Warmkastens" eine viel höhere Temperatur als 55° erzielen könne, wenn man den durch Strömung an der äußern Fläche des Deckels entstehenden Wärmeverlust möglichst verringert[2]). So erhielt er innerhalb eines runden hölzernen Kastens von 50 cm Durchmesser und 10 cm Tiefe, der in Federn gehüllt und mit drei übereinander liegenden voneinander getrennten Glasplatten bedeckt war, bei senkrechtem Einfall der Sonnenstrahlen eine Temperatur von 118° C, während sie außen nur 16° betrug. Eine Rechnung, die ABBOT auf Grund verschiedener numerischer Annahmen über die WOODschen Versuche anstellt, führt zu dem Ergebnis, daß Deckel von Salz und Glas bei einem „Warmkasten" tatsächlich keinen sehr großen Unterschied hervorrufen. Dagegen liege die Sache bei der Erde anders; hier bilde die Atmosphäre mit ihrem Wasserdampf eine die Wärme erheblich zurückhaltende Schicht, deren Wirkung der Verf. auf ca. 31° C berechnet. *Schk.*

Erzeugung von Linienspektren. Von E. GOLDSTEIN[1]). Das Verfahren beruht auf folgender Erscheinung. Wenn man in eine (zylindrische) Entladungsröhre gepulverte Salze einbringt, so daß die Salzsäule über den am unteren Ende des Rohres befindlichen Anodendraht hinausreicht, so verläuft die Entladung eines Induktoriums als heller dünner Faden (oder als Büschel) an der Glaswand zwischen ihr und der Salzschicht. Gleichzeitig verdampft das Salz, wobei das betreffende Metallspektrum gebildet wird. Man läßt die Salzschicht am besten $^3/_4$ bis $1^1/_2$ cm

[1]) Phil. Mag. **17**, 319 (1909).

[2]) Phil. Mag. **18**, 32 (1909).

[1]) Ann. der Physik **27**, 773 (1908).

über die Spitze der Anode hinausreichen und evakuiert bis $^1/_{10}$ mm und darüber. Bei Benutzung von *Na Cl* erhält man nicht nur die *D*-Linien, sondern auch alle von Kayser und Runge beobachteten Bogenlinien des Natriums. Auch Lithium-, Rubidium- und Cäsiumsalze geben überaus zahlreiche Linien.

Schaltet man parallel zur Röhre noch eine Leidener Flasche mit variabler äußerer Funkenstrecke, so erhält man mit *Na Cl* statt des Natrium- das Chlorspektrum, das bei hinreichend verlängerter Funkenstrecke an Linien reicher ist als die nach andern Methoden hergestellten Spektra dieses Elements. Durch Verwendung von Alkalibromid oder -jodid kann man ebenso die vollständigen Spektra von Brom und Jod gewinnen. Das reine Spektrum des Schwefels erhält man, wenn man als Füllsalz Schwefelcalcium oder Kaliumsulfat benutzt, die Spektra von Selen und Tellur mit selen- bzw. tellursaurem Natrium, das Phosphorspektrum mit Natrium- oder Strontiumphosphat, die Spektra von Arsen und Antimon mit Natriumarseniat bzw. -antimoniat, das Siliciumspektrum mit Kieselfluornatrium.

Als Entladungsröhren dienten Röhren von etwa 3 mm Weite; doch kann man auch erheblich engere (bis zu 2 mm Weite) benutzen. Benutzt man die Haloidsalze von *Ca*, *Sr* und *Ba*, so erhält man bei Einschaltung der Flasche mit den weiten Röhren die Halogenspektra, mit sehr engen Röhren (bis $^1/_2$ mm) die Linienspektra von *Ba*, *Sr* und *Ca*. *Schk.*

Kanalstrahlen. Die als Kanalstrahlen bekannten positiven Strahlen unterscheiden sich dadurch wesentlich von den negativen Kathodenstrahlen, daß sie in einem Magnetfelde nicht gleichmäßig abgelenkt werden. Es treten vielmehr alle Ablenkungen von der geraden Richtung stetig bis zu einem größten Betrage auf. Um die Ursache dieser Erscheinung zu erforschen, ließ W. Wien die aus der Öffnung einer Eisenkathode kommenden Kanalstrahlen nacheinander zwei Magnetfelder passieren[1]). Durch das erste Feld wurde dann ein Teil der Strahlen abgelenkt, der andere nicht abgelenkte Teil trat in das zweite Feld. Da zeigte sich nun, daß dieser Teil jetzt wieder ebenso stark ablenkbare Strahlen enthielt, die also durch das erste Feld gar nicht beeinflußt waren; mithin mußten sich auf dem weiteren Wege neue positive Teilchen gebildet haben. Die ungleichmäßige magnetische Ablenkung der Kanalstrahlen rührt dann daher, daß die positiven Ionen verschieden lange im geladenen Zustand bleiben und immer wieder aufs neue sich laden und entladen. Das ganze dürfte als ein Dissoziationsprozeß zwischen Atomen und Elektronen aufzufassen sein. Dabei bildet sich ein Gleichgewichtszustand aus, der sich, wenn gestört, von selbst wieder erneuert. Im hohen Vakuum zeigt sich bei Luft eine wesentliche Herabminderung der magnetischen Beeinflußbarkeit der Kanalstrahlen, ohne daß sonst die Verhältnisse geändert erscheinen.

Eine photometrische Untersuchung der Lichtemission der Kanalstrahlen im Magnetfelde ergab, daß das Bündel in seiner Lichtemission in größerer Entfernung von der Eisenkathode immer mehr vom Magneten beeinflußt wurde. Daraus folgt, daß die weniger ablenkbaren Kanalstrahlen die eigentlichen Träger der Lichtemission sind; dieses sind entweder die neutralen oder die nur kurze Zeit geladenen. Erst in größerer Entfernung hinter dem Magnetfelde nimmt die Lichtemission in derselben Weise durch die Wirkung des Magnetfeldes ab wie die transportierte Elektrizitätsmenge. Die Strecke, die das Kanalstrahlenbündel hinter dem magnetischen Felde zurücklegen muß, bis die Schwächung des Stromes der des ausgesandten Lichtes entspricht, nimmt mit der Entladungsspannung zu. *Schk.*

Absorption und Dispersion des leuchtenden Wasserstoffs. In einem mit Wasserstoff gefüllten Geißlerrohr konnte R. Ladenburg selektive Absorption qualitativ durch Absorptionslinien nachweisen und quantitativ messen[1]). Als Lichtquelle diente eine enge Kapillare von wenigen cm Länge, die, mit Wasserstoff von $^1/_2$ bis $^3/_4$ Atmosphären Druck gefüllt, ein ganz kontinuierliches Spektrum liefert, in dem die Wasserstofflinien nur noch als starke, aber ganz breite Maxima der Intensität erkennbar waren. Das Absorptionsrohr war eine etwa gleich lange weitere Röhre von 5 bis 10 mm Durchmesser, in der der Druck zwischen 0,01 und 80 mm Quecksilber variiert werden konnte. Die Röhren wurden hintereinander mit paralleler Leidener Flasche in den Sekundärkreis eines Induktoriums geschaltet. Wurde dann das Bild des Kapillarendes durch das Absorptionsrohr hindurch auf den Spalt eines Spektralapparates kon-

[1]) Ann. der Physik **27**, 1025 (1908).

[1]) Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 1908, S. 550.

zentriert, so erschienen bei genügender Dispersion in dem kontinuierlichen Spektrum die rote und etwas weniger deutlich auch die blaugrüne Wasserstofflinie als breite, dunkle Absorptionslinien, die mit abnehmendem Druck schmäler wurden und von etwa 0,05 mm ab als feine Linien sich darstellten. Die selektive Absorption des Wasserstoffs folgt dem gewöhnlichen Absorptionsgesetz des Lichts und in gewissen Grenzen auch dem Beerschen Gesetz. Der Extinktionsindex ist von den Stromverhältnissen abhängig und war bei dem benutzten Induktorium und bei 5 cm Wasserstoffdruck von der Größenordnung 10^{-5}.

In Analogie zu den Erscheinungen einer Natriumflamme mußte man erwarten, daß in unmittelbarer Nähe dieser Absorptionslinien die Dispersion des leuchtenden Wasserstoffs von der des nichtleuchtenden abweicht und einen anomalen Verlauf nimmt. Diese Folgerung wurde von R. LADENBURG und S. LORIA geprüft und bestätigt gefunden[2]). Zur Untersuchung diente ein Jaminscher Interferentialrefraktor, mit dem man in einem kontinuierlichen Spektrum Interferenzstreifen erhält, die direkt den Verlauf des Brechungsexponenten mit der Wellenlänge anzeigen und auf geringe diskontinuierliche Änderungen desselben sehr empfindlich reagieren. Die Verff. erhielten dann bei Untersuchung des Wasserstoffabsorptionsspektrums zu beiden Seiten der roten Wasserstofflinie eine plötzliche Verzerrung der Interferenzstreifen, und zwar waren sie auf der violetten und roten Seite nach entgegengesetzten Richtungen abgebogen. Quantitative Messungen an der Dispersionskurve gaben Übereinstimmung mit der Theorie. Die Beobachtung war am günstigsten bei einem Druck von 4 mm innerhalb der Röhre. An der blaugrünen Wasserstofflinie konnte eine anomale Dispersion mit Sicherheit nicht nachgewiesen werden.

Schk.

Die physikalischen Eigenschaften des Selens sind in den letzten Jahren Gegenstand sehr eingehender Untersuchungen gewesen. CHR. RIES[1]) hat nach den verschiedenartigsten Methoden Selenzellen konstruiert. Er findet es am besten, die Selenschicht in amorphem Zustande herzustellen, dann zur Ausbildung des kristallinischen Zustandes langsam auf 195° zu erhitzen und etwa $^1/_2$ Stunde auf dieser Temperatur zu erhalten, darauf so schnell als möglich abzukühlen. So hergestellte Zellen sind wenig hygroskopisch und zeigen das normale Verhalten, langsam gekühlte dagegen sind hygroskopisch und verhalten sich nur dann normal, wenn sie durch geeigneten Einschluß gehindert werden, Feuchtigkeit aufzunehmen. Falls man die Einschlußhülle evakuiert, muß man sich nach Mitteilungen von MINCHIN und MOSS[2]) vor Quecksilberdämpfen hüten, denn sie werden allmählich vom Selen aufgenommen und beseitigen unter starker Verminderung des Widerstandes die Lichtempfindlichkeit des Selens.

JOEL STEBBINS[3]) hat vier Zellen aus zwei Werkstätten auf Lichtempfindlichkeit für verschiedene Farben geprüft. Aus den mitgeteilten Kurven sieht man, daß sie sich etwa so verschieden verhalten wie gewöhnliche und farbenempfindliche photographische Platten. A. H. PFUND[4]), der an STEBBINS Versuchen bemängelt, daß bei den verschiedenen Farben die Angaben nicht auf gleiche Energiewerte bezogen sind, teilt mit, daß er mit leidlichem Erfolg begonnen hat, für geeignete Selenzellen Lichtfilter zusammenzusetzen, die die Farbenempfindlichkeit der Zelle genau auf die des Auges abstimmen.

G. ATHANASIADIS[5]) arbeitet mit drei Selenzellen bei weißem, rotem und blauem Licht. Er findet zwischen Beleuchtungsstärke i und Leitvermögen k den Zusammenhang $i = k\,(k - a)\,b$, worin a und b zwei für jede Zelle und jede Farbe besondere Konstanten sind. Durch Bestrahlung einer Zelle mit Röntgenstrahlen aus verschiedenem Abstand findet er dieselbe Beziehung. Er bedient sich daher einer Selenzelle, um die Intensität der Strahlen einer Röntgenröhre an einer Glühlampe zu messen.

M. SPERLING[6]) teilt in einer sehr eingehenden Abhandlung seine Messungen mit dem Saitengalvanometer mit, das vor allen anderen Instrumenten für diesen Zweck besondere Vorteile voraus hat. Mehrere Selenzellen wurden untersucht, teils bei langsam gesteigerter Helligkeit, teils bei einer bestimmten Helligkeit, die plötzlich beginnend und plötzlich aufhörend nur eine gewisse Zeit hindurch wirkt. Diese letztere Art des

[2]) Verh. d. Deutschen Phys. Ges. 1908, S. 858. Phys. Zeitschr. 1908, S. 875.

[1]) Phys. Zeitschr. **9**, 164, 569 (1908).

[2]) Nature **77**, 173, 198, 222 (1907).

[3]) Astroph. Journ. **27**, 183 (1908).

[4]) Astroph. Journ. **28**, 83 (1908).

[5]) Ann. d. Phys. (4) **25**, 92; **27**, 890 (1908).

[6]) Ber. d. Oberh. Ges. f. Nat.- u. Heilk. zu Gießen. Neue Folge. Natw. Abt. **2**, 73 (1908).

Versuches wurde außerdem noch bei verschiedenen Temperaturen zwischen — 20° und 200° durchgeführt. Stets wurde ein Teil des Spektrums durch Lichtfilter ausgesondert und seine Helligkeit teils durch Messung, teils durch Rechnung bestimmt. Die Beobachtungen geschahen photographisch mit einer Trommel, deren Umdrehungszeit in weiten Grenzen geändert werden konnte. Zellen, bei denen das Selen zwischen durchsichtig platinierten Gläsern liegt, bei denen das Licht also in der Stromrichtung einfällt, stehen hinter solchen, bei denen das Selen nebeneinander liegende Drähte überbrückt, um so mehr zurück, je dicker sie sind, was sich aus der Absorption ja verstehen läßt.

Wurde die Steigerung und Wiederschwächung des Lichtes in kurzer Zeit (weniger als einer Minute) durchgeführt, so entsprach gleicher Helligkeit bei abnehmendem Licht eine geringere Leitfähigkeit als bei zunehmendem Licht. Bei zehnfach größerer Dauer des Versuches war es umgekehrt. Bei den Belichtungen mit plötzlich einsetzender und dann gleichbleibender Helligkeit wurde eine sehr interessante Erscheinung gefunden. Die Leitfähigkeit schoß zunächst über den endgültigen Wert hinaus und ging dann etwas langsamer wieder auf ihn zurück. Die Erklärung dafür findet SPERLING in der verschieden starken Lichtabsorption der nichtleitenden und der leitenden Selenmodifikation. Das nichtleitende absorbiert weniger und läßt das Licht in größere Tiefe eindringen; indem es nun aber durch das Licht leitend gemacht wird, verwehrt es gleich darauf dem Licht wieder das Eindringen in tiefere Schichten. SPERLING bezeichnet die Erscheinung demgemäß als Schatteneffekt.

Mit steigender Temperatur nehmen ab: die Empfindlichkeit der Zelle, die Zeitdauer bis zur Erreichung des Endwertes der Leitfähigkeit und der Schatteneffekt. Eine Zusammenstellung der Resultate zeigte, daß alle Zellen sich zwischen zwei Grenztypen einordnen ließen, deren eine, aus flüssigem Selen abgeschreckt, hohen Widerstand und verhältnismäßig geringen Unterschied der Wirksamkeit der verschiedenen Farben besitzt, während die andere, durch Abkühlen metallischen Selens erzeugte, geringen Widerstand und starke Abhängigkeit von der Farbe entsprechend dem Absorptionskoeffizienten des in ihr vorwiegenden metallischen Selens aufweist.

Dem Selen an die Seite tritt hinsichtlich der Lichtempfindlichkeit nach einer Mitteilung von F. M. JAEGER[7]) der Antimonit (natürlicher Grauspießglanz aus Japan, rhombisch, gut spaltbar). Sein Widerstand wird durch Bestrahlung mit rotem und blauem Licht stark herabgesetzt, während grünes sowie unsichtbares von beiden Seiten des Spektrums unwirksam ist. Nach Aufhören der Bestrahlung verschwindet die Wirkung schneller als bei Selen. *W. Vn.*

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Ziel und Struktur der physikalischen Theorien. Diesen Gegenstand behandelt PIERRE DUHEM in einem umfangreichen Buche[1]), dem tiefgehende historische Studien sowie langjährige Unterrichtserfahrungen — der Verfasser ist Professor der theoretischen Physik an der Universität Bordeaux — zugrunde liegen. Besondere Bedeutung für uns gewinnt das Buch dadurch, daß ihm an verschiedenen Stellen Anwendungen auf die Gestaltung des physikalischen Unterrichts eingefügt sind.

Der Verfasser ist mit ERNST MACH der Ansicht, daß eine physikalische Theorie nicht die Erklärung einer Gruppe experimentell festgestellter Gesetze zum Ziel habe; denn eine solche Erklärung bedeute stets die Berufung auf metaphysische Prinzipien, die von der Physik fernzuhalten seien. Er erklärt vielmehr: „Eine physikalische Theorie ist keine Erklärung; sie ist ein System mathematischer Lehrsätze, die aus einer kleinen Zahl von Prinzipien abgeleitet werden und den Zweck haben, eine zusammengehörige Gruppe experimenteller Gesetze ebenso einfach wie vollständig und genau darzustellen.“ Man sieht, daß sich diese Auffassung im wesentlichen mit der Kirchhoffschen Auffassung der Mechanik deckt. Die Übereinstimmung mit der Erfahrung ist hiernach das einzige Kriterium der Wahrheit für eine physikalische Theorie. An einer physikalischen Theorie sind folgende vier fundamentale Operationen zu unterscheiden: die Definition

[1]) Autorisierte Übersetzung von Dr. Friedrich Adler. Mit einem Vorwort von Ernst Mach. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1908. 367 S. M 8,—; geb. M 9,—.

[7]) Proc. Amsterdam **9**, 809; Zeitschr. f. Krist. **44**, 45 (1907).

und das Maß der physikalischen Größen; die Wahl der Hypothesen (d. i. Prinzipien); die mathematische Entwicklung der Theorie; die Vergleichung der Theorie mit dem Experiment. Über jede dieser Operationen bringt die Schrift ausführliche und zumeist höchst aufklärende Darlegungen. Auch befriedigt den Verfasser nicht das ästhetische Gefühl, das eine vollkommene Theorie in uns hervorruft; vielmehr erkennt er an, daß die logische Ordnung der Theorie einer ontologischen Ordnung entsprechen und ein Abbild tiefer und wirklicher Beziehungen zwischen den Dingen selbst geben müsse; in diesem Punkte geht er über den Machschen Wissenschaftsbegriff hinaus. Dahingegen sind ihm die physikalischen Begriffe selbst keineswegs Abbilder der Dinge, sondern nur Symbole; sie werden daher auch nicht etwa aus der Erfahrung abgeleitet, sondern von dem Verstande erzeugt. Hiermit wieder hängt die Rolle zusammen, die der Verfasser dem Experiment zuweist; es steht nicht am Anfang der physikalischen Theorie, sondern am Ende, insofern es dazu dient, die Theorie als eine richtige, den wahren Beziehungen der Dinge zueinander entsprechende zu erweisen. Es ist nach ihm unmöglich, eine einzelne Hypothese durch ein Experiment zu bestätigen oder zu widerlegen oder gar ein Experimentum crucis zur Entscheidung zwischen zwei Hypothesen zu verwenden; nur das gesamte System physikalischer Theorien erfährt durch ein Experiment eine Bestätigung oder eine Widerlegung. Als das Wesentliche an einem Experiment erscheint dem Verfasser nicht einfach die Beobachtung einer Erscheinung, sondern die theoretische Interpretation derselben (z. B. bei einer Widerstandsmessung nicht der Ausschlag des Lichtzeigers, sondern der gesamte durch theoretische Begriffe vermittelte Zusammenhang der Versuchsanordnung); das Resultat eines physikalischen Experiments sei daher ein abstraktes und symbolisches Urteil.

Diese Auffassung vom Experiment bestimmt auch den Standpunkt, den der Verfasser bezüglich des physikalischen Unterrichts einnimmt. Die induktive Methode, deren Gebrauch man dem Physiker empfehle, sei für ihn unanwendbar. „Der physikalische Unterricht nach der rein induktiven Methode, wie sie Newton formuliert hat, ist eine Chimäre.“ „Unter den Mängeln, die eine derartige Darstellung kennzeichnen, ist der häufigste und gleichzeitig wegen der falschen Ideen, die er in den Verstand der Schüler einpflanzt, auch der schwerste, das fingierte Experiment. Der Physiker, der genötigt ist, sich auf ein Prinzip zu berufen, das in Wirklichkeit keineswegs aus den Tatsachen abgeleitet wurde, das keineswegs durch Induktion entstand, und dem es dabei widerstrebt, dieses Prinzip für das auszugeben, was es ist, d. h. für ein Postulat, ersinnt ein Experiment, das, wenn es ausgeführt und gelungen wäre, zu dem Prinzip führen könnte, dessen Berechtigung dargetan werden soll. Die Berufung auf ein derartiges fingiertes Experiment bedeutet, daß ein auszuführendes Experiment an Stelle eines ausgeführten gesetzt wird. Ein Experiment solcher Art ist das von Ampère erdachte, das er aber nicht ausgeführt hat, um zu beweisen, daß die elektrodynamischen Wirkungen umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernungen vor sich gehen. Noch schlimmer sei das unrealisierbare oder absurde Experiment; dasselbe wolle einen Lehrsatz beweisen, der, wenn er als Ausdruck einer experimentellen Tatsache angesehen werden solle, einen Widerspruch enthalte. So finde sich in einem Werk von Bertrand der Satz, es sei als experimentelle Tatsache anzunehmen, daß sich die Elektrizität an der Oberfläche der Körper befinde; dies aber sei experimentell unrealisierbar, denn man könne wohl nachweisen, daß ein Punkt an der Wand einer Höhlung unelektrisch sei, aber nicht das Gleiche für einen Punkt im Innern einer leitenden Masse. Der Lehrer solle auf eine solche pseudo-induktive Methode verzichten, vielmehr in erster Reihe die wesentlichsten Theorien der Wissenschaft entwickeln, er solle die Prinzipien (Hypothesen) darstellen, auf denen diese Theorien ruhen, und dabei auch auf die Erfahrungen des alltäglichen Lebens, auf die durch gewöhnliche Beobachtung erhaltenen Tatsachen, auf die einfachen oder noch wenig analysierten Elemente, die zur Formulierung dieser Hypothese geführt haben, hinweisen. Aber er müsse ganz ausdrücklich betonen, daß diese Tatsachen, die genügen, um zur Aufstellung der Hypothese anzuregen, nicht genügen, um sie zu bestätigen. Erst nachdem er einen großen Teil seines Lehrgebäudes aufgebaut, nachdem er eine vollständige Theorie ausgebildet habe, könne er die Konsequenzen dieser Theorie mit dem Experiment vergleichen. Die experimentellen Bestätigungen seien nicht die Basis der Theorie, sondern deren Krönung; erst die Gesamtheit der Theoreme gebe ein immer ähnlicheres Bild der Gesamtheit der experimentellen Tatsachen. Dem Schüler, der diese Wahrheit

nicht erkannt habe, werde die Physik als ein monströser Wortschwall erscheinen, der nichts anderes als eine petitio principii auf die andere und einen circulus vitiosus auf den andern häuft. Wenn sein Verstand sehr streng sei, werde er mit Abscheu die fortwährenden Verstöße gegen die Logik zurückweisen; wenn sein Verstand minder streng sei, werde er diese Worte mit ungenauem Sinn, diese Beschreibungen unrealisierter und unrealisierbarer Experimente, diese Überlegungen, die nur Taschenspielerkünste sind, auswendig lernen und bei dieser unvernünftigen Gedächtnisarbeit das Wenige, was er an gesundem Sinn und kritischem Denken besaß, verlieren.

Andrerseits aber ist die physikalische Methode auch völlig von der mathematischen Methode verschieden; es ist ein unausführbares Unterfangen, die Physik ähnlich der Geometrie als ein System auf der Grundlage allgemein anerkannter Axiome aufbauen zu wollen; denn die angeblichen Axiome wurden eben den Gesetzen entnommen, die man aus ihnen ableiten will. Der physikalische Fortschritt besteht in einem beständigen Durcheinander von logischen Ableitungen und empirischen Feststellungen. Der Unterricht wird daher am besten tun, wenn er sich der historischen Methode bedient und die Einführung jedes grundlegenden Prinzips durch eine gedrängte, aber getreue Darstellung der Schicksale, die seiner Einführung in die Wissenschaft vorangegangen waren, vorbereitet. „Man zeichne die Umbildungen, die bei der Aufstellung der theoretischen Form durch das Anwachsen des empirischen Materials bedingt waren, man beschreibe die lange gemeinsame Arbeit, in der der gewöhnliche Verstand und die deduktive Logik dieses Material analysiert und diese Form gemeißelt haben, bis sie sich genau aneinander paßten.“ „Die Darlegung der Geschichte eines physikalischen Prinzips bedeutet gleichzeitig die logische Analyse desselben. Die Kritik der intellektuellen Methode, die die Physik verwendet, verbindet sich in unlöslicher Weise mit der Darlegung der stufenweisen Entwicklung, durch die die Deduktion die Theorie vervollkommnet, und gibt dadurch ein immer genaueres, immer geordneteres Bild der Gesetze, die die Beobachtung aufzeigt.“

Ein sehr ausführliches Beispiel für eine solche historische Darstellung liefert der Verfasser selbst durch eine eingehende Darlegung des Entwicklungsganges der Gravitationslehre (S. 296—342). Nicht minder bedeutsam ist, was an einer andern Stelle (S. 67—138) über den Unterschied zwischen der vorwiegend analysierenden Methode der Franzosen und der vorwiegend beschreibenden Methode der Engländer auseinandergesetzt wird, wobei namentlich der Gegensatz zwischen abstrakten Theorien und mechanischen Modellen zur Erörterung kommt. *P.*

Zur antiken Physik. Arthur Erich Haas behandelt: Ästhetische und teleologische Gesichtspunkte in der antiken Physik[1]). Der Verf. stellt die ästhetischen, teleologischen und animistischen Gesichtspunkte zusammen, von denen aus antike Philosophen ihr Weltbild spekulativ aufbauten, sobald die Mittel der Empirie versagten. Er spricht von der Teilung der Welt in Himmel und Erde, von der Verwendung der Zahlen 2, 3, 5 und 10, von der Übertragung der griechischen Musik auf die Planetentheorie, von den sog. Euklidischen Körpern und von der Kreisbewegung. Der Verf. hat damit ein interessantes und für das Verständnis der Entwicklung unseres Weltbildes wichtiges Thema erfaßt. Er gibt das Material vollständig, aber nur sehr andeutungsweise. Da er die naturphilosophischen Hilfsmittel nebeneinander ordnet, erscheinen sie ohne innere Verbindung. Wer diese Spekulationen nicht aus eigenem Studium kennt, wird sie leicht als antiquarische Kuriositäten beiseite schieben. Der Verf. sagt zwar, daß man es mit einer Vermischung von philosophischer Spekulation und empirischen Elementen zu tun habe, aber er leistet nichts Ausreichendes, um die Verknüpfung verständlich zu machen. So nehmen sich die tiefen Gedanken der Alten hier zumeist recht verwunderlich aus. Das Beste gibt der Verf. bei Gelegenheit der Kreisbewegung. Sonst nähert er die Begriffe „ästhetisch, teleologisch, animistisch“ einander bis zur Vermischung. Die Literatur bleibt so gut wie unbeachtet. Überflüssig ist größtenteils der Ballast der Belegstellen; es erscheint namentlich merkwürdig, wenn Belegstellen dafür angeführt werden, daß Plato und Aristoteles die Welt im teleologischen Gesichtspunkt ansahen, noch dazu in einer philosophischen Fachzeitschrift. Auch im einzelnen ließen sich mannigfache Bedenken geltend machen.

In einem zweiten Aufsatz handelt derselbe Verfasser über: Die Grundlagen der antiken

[1]) Archiv f. Gesch. d. Philos. XXII, 1908, Heft 1.

Dynamik[2]). Der Verf. berichtet über die Vorstellungen der Alten vom Wesen der Bewegung, von der Schwere und dem freien Fall, von der Kraft, vom Stoß und der Reibung und versucht die antike Dynamik mit den modernen Prinzipien zu verknüpfen. HAAS wählt sich mit großem Geschick geschichtliche Fragen, die von grundlegender Bedeutung für die Entwicklung des physikalischen Denkens, ja unserer Geistesentwicklung überhaupt sind. Er verfügt ferner über eine bedeutende Belesenheit. Dennoch wird aus seiner Arbeit nur schwer ein rechter Gewinn gezogen werden können. Die Ergebnisse seiner Studien stellt der Verf. mehr äußerlich nebeneinander, als daß er Zusammenhänge und Entwicklungsreihen aufdeckte. Es würde weit mehr Nutzen gestiftet werden, wenn etwa nach dem Vorbilde von Wohlwills mustergültiger Arbeit über das Beharrungsgesetz ein einziger Gesichtspunkt in seiner geschichtlichen Evolution klargestellt und so ein zusammenhängendes Nacheinander gewonnen würde, als daß in nur äußerlich geordnetem Nebeneinander eine Fülle von Bemerkungen ohne ausreichende innere Verbindung dargeboten wird. In eine Debatte über die zahlreichen Einzelfragen einzutreten, ist hier nicht angängig. *Ernst Goldbeck.*

4. *Unterricht und Methode.*

Zur Darstellung der recht- und der rückläufigen Bewegung der Planeten. Von TH. ARLDT. (*Das Weltall, herausgegeb. von* F. S. Archenhold, *Jahrg. 9, Heft 17 (Juni 1909).*) Gegen die übliche Erklärung der Rückläufigkeit durch eine Zeichnung nach Art von Fig. 1a erhebt der Verf. mit Recht den Einwand, daß es ganz von dem willkürlich gewählten Radius des das Himmelsgewölbe darstellenden Kreises abhängt, ob die Bewegung der Planeten von der Erde aus gesehen rechtläufig oder rückläufig erscheint; dies lehrt ein Blick auf die beiden Figuren 1a und 1b.

In Fig. 2 ist der Versuch gemacht, die scheinbare Planetenbewegung durch eine einfache Zeichnung richtig zu erklären. Es ist

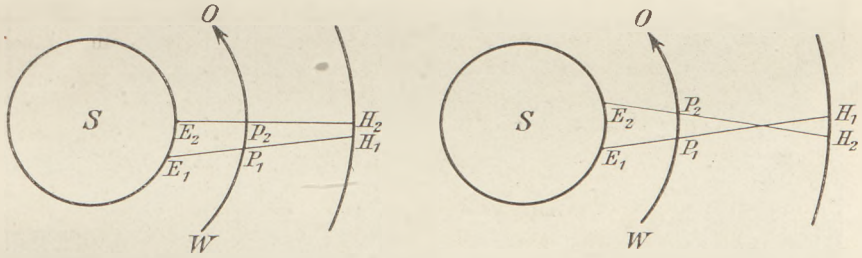


Fig. 1.

als Beispiel der Mars gewählt, und die Bahnen von Mars und Erde sind durch Kreise dargestellt, deren Radien in annähernd richtigem Verhältnis (3 : 2) zueinander stehen. Die Winkelgeschwindigkeit des Mars ist entsprechend seiner Umlaufszeit etwa halb so groß angenommen wie die der Erde. Der Mars wird von der Erde aus nacheinander in den Richtungen E_1M_1, E_2M_2, E_3M_3 usf. gesehen. Links daneben sind diese Rich-

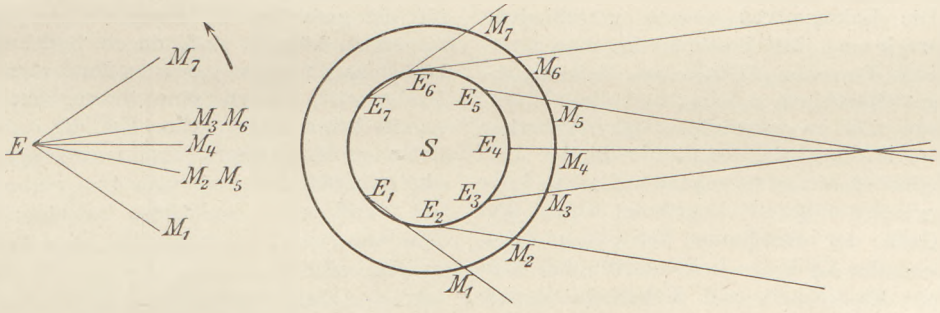


Fig. 2.

[2]) Sonderabdr. a. d. Arch. f. d. Gesch. d. Naturwissenschaften und der Technik, Bd. I, 1908.

tungen nach dem Vektorprinzip noch einmal unter der Voraussetzung gezeichnet, daß die Erde sich relativ in Ruhe befindet. Die Stellungen 1, 2 usf. sind durch gleiche Zwischenzeiten (ca. $^1/_8$ Jahr) voneinander getrennt. Man erkennt, wie die ostwärts gerichtete Bewegung des Mars bei Annäherung an den Oppositionspunkt sich verlangsamt (denn $\sphericalangle M_1EM_2$ ist größer als $\sphericalangle M_2EM_3$). In der nächsten Stellung (M_4) ist die Richtungsänderung sogar negativ geworden, der Planet hat sich also scheinbar nach Westen bewegt. Einen Schritt weiter erscheint der Mars wieder an derselben Stelle, wo er etwa $^3/_8$ Jahr früher stand, und nun erst setzt wieder die ostwärts gerichtete Bewegung ein, allmählich immer schneller werdend, bis Sonne und Planet in Konjunktion stehen.

Ohne Frage gibt diese Darstellung eine richtigere Vorstellung von dem Zustandekommen der Rückläufigkeit als die bisher in Lehrbüchern üblich gewesene. *P.*

5. Technik und mechanische Praxis.

***Die Physik der Lokomotive.** Es ist bereits früher in dieser Zeitschrift (**20**, S. 50 ÷ 53, 1907) von den bei der Eisenbahntechnik im allgemeinen wichtigen physikalischen Momenten die Rede gewesen; daran anknüpfend soll im folgenden die Dampf-Lokomotive im besonderen in dieser Hinsicht einer näheren Betrachtung unterzogen werden.

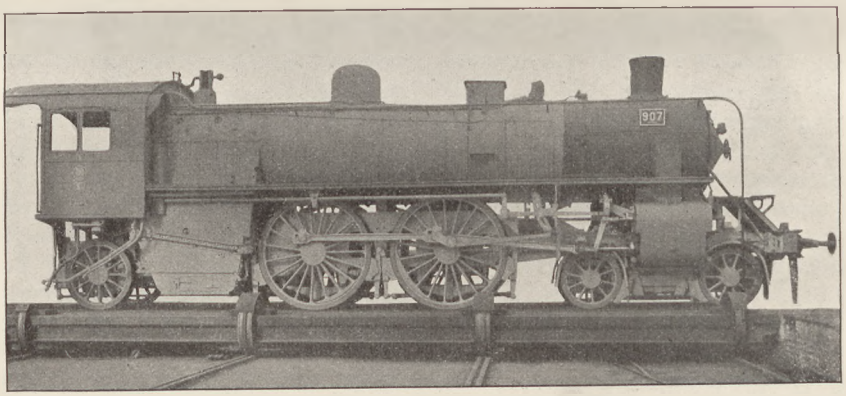


Fig. 1. — Preuß. $^2/_5$ vierzyl. Verbund-Schnellzug-Lok. Type S 9.

Die Lokomotiven zeigen verschiedene Bauart, je nach ihrer Bestimmung: man unterscheidet Personen-, Güterzug-, Schnellzug-, Rangier-Maschinen u. a. m., und diese Unterschiede sind im wesentlichen physikalischer Natur, insofern sie quantitativ in der Verschiedenheit der zu bewegenden Last und der Fahrgeschwindigkeit begründet sind. Bei der Größe der betreffenden Betriebe und entsprechender Zahl der Lokomotiven hat man zwecks Einfachheit und Sicherheit Normalkonstruktionen eingeführt, deren Zahl bei der preußischen Staatsbahn 1895 bereits 22 betrug und seitdem trotz Fortfalls einzelner noch gewachsen ist. Die neueste Type — S 9 — für schwere Schnellzugmaschinen stellt Abb. 1 dar[1]), welche zugleich manches früher Gesagte zu erläutern geeignet ist. Zunächst zeigt sie den hochliegenden Kessel nach amerikanischem Vorbilde, um die Seitenschwankungen zu vermindern[2]). Vermöge der Anwendung eines sog. Barrenrahmens statt der sonst üblichen Rahmen aus Blechen ist das Triebwerk sehr durchsichtig; um den für die geforderte Leistung nötigen Kessel tragen zu können, sind, da ein Rad nur mit höchstens 8 t belastet werden darf, vorne ein Drehgestell, hinten eine bewegliche sog. ADAMS-Achse angebracht. Um die erforderlichen großen Dampfmengen zu erzeugen, ist ein ausgedehnter Rost vom 4 m² vorhanden, der durch zwei Feuertüren beschickt wird, und um einen so großen Rost unterbringen zu können, die Feuerkiste zwischen den beiden letzten Achsen bis nach außen ausgedehnt. Die Länge dieser Maschinen beträgt ohne Tender über 13 m, der Triebraddurchmesser

*) Originalbericht, Nachdruck verboten.

[1]) Nach einem Original-Photogramm der HANNOV. MASCHINENBAU-A.-G., VORM. EGESTORFF.

[2]) Diese Zeitschr. **20**, S. 51, Abs. 1.

1980 mm, das Totalgewicht dienstfertig 74 t. (STEPHENSONS „Rocket" wog nur 4,5 t.)

Auch noch in anderer Beziehung ist diese Maschine bemerkenswert. Es ist früher[3]) von den verschiedenen Bewegungen gesprochen, welche die Lokomotive beim Fahren ausführt, unter diesen ist das Schlingern in wagerechter Ebene[4]) besonders störend, weil es das Geleise durch vermehrte Reibung angreift; seine Veranlassung ist direkt die Wirkung des Dampfes im Zylinder und die dadurch erzeugte wagerechte Hin- und Herbewegung beträchtlicher Massen, nämlich Kolben, Kolbenstange, Kreuzkopf, Kurbelstange, Kurbel und Räder einerseits, Zylinder und, weil mit ihm fest verbunden, Rahmen, Kessel andererseits. Diese regelmäßig periodisch ihre Richtung wechselnden Kräfte treten auf jeder Seite in gleicher Weise auf, da jede eine Maschine für sich bildet, die Zwei-Zylinder-Lokomotive also eine Zwillingsmaschine ist; das Schlingern kommt dadurch zustande, daß wegen des Winkels von 90° zwischen den Kurbeln die beiden Seiten mit gleich großer Phasenverschiebung arbeiten. Man kann das Schlingern verhindern, wenn man dafür sorgt, daß auf die Maschine als Ganzes stets Kräfte nur so wirken, daß ihre Gesamtsumme 0 ist, jeder einseitig wirkenden also eine genau gleiche entgegengesetzte gegenübergestellt wird, und das läuft darauf hinaus, die Achsen der Maschinentreibräder zu freien Achsen zu machen; um eine solche rotiert ein Körper dann, wenn alle auf ihn wirkenden, also auch die Zentrifugalkräfte sich derart zusammensetzen, daß keine einseitige den Körper in irgendeiner durch die Achse gelegten Ebene zu verdrehen suchende Restkraft übrigbleibt. Um diesen notwendigen Kräfte- oder richtiger Massenausgleich herbeizuführen, sind den vorhandenen gleichwertige sich entgegengesetzt bewegende Massen anzubringen, die hinsichtlich des Ganzen eine aktive oder eine passive Rolle spielen können.

Die vom Dampfe geleistete Arbeit ist proportional der Differenz zwischen den Temperaturen t_1 und t_2, mit denen er in den Zylinder ein- bzw. aus ihm austritt; t_2 wird um so kleiner und damit die von einer gewissen Dampfmenge zu leistende Arbeit um so größer, je stärker man den Dampf expandieren läßt; große Temperaturdifferenzen in einem Zylinder sind aber verlustbringend, weil die Wandung sich an den thermischen Vorgängen beteiligt, daher folgt als wesentliche Verbesserung die Anwendung großer Expansion in 2 Zylindern nacheinander: das sog. Verbundprinzip, dessen Anwendung für Lokomotiven bereits MORITZ ROENTGEN 1834 vorschlug, während die dauernde Einführung erst ANATOLE MALLET in Genf 1874 zu danken ist. Die Verbundlokomotiven besaßen anfangs auch nur 2 Zylinder, deren Querschnitte bei gleicher Länge sich wie 1 : 2,25 verhielten, waren also einfache Maschinen, und wegen des verschiedenen Kolbenquerschnittes die Verhältnisse a priori noch ungünstiger; beim Anfahren erhält nur der kleine Hochdruckzylinder Dampf, das Drehmoment ist also sehr gering. Dem letzteren Übelstand lernte man durch Anfahrvorrichtungen entgegenwirken, die, im Prinzipe schon 1872 vom Engländer DAWES angegeben, seit 1884 durch VON BORRIES, WORSDELL und LAPAGE ausgebildet worden sind, und die es ermöglichen, beim Anfahren in beide Zylinder Frischdampf direkt eintreten zu lassen, ohne daß der Arbeitsdruck im großen Zylinder einen schädlichen Gegendruck auf den kleinen Kolben ausübt. Einen ruhigeren Gang suchte man erfolgreich durch Anwendung mehrerer Zylinder zu erreichen. Ein interessanter Versuch zum Massenausgleich war BODMERS Maschine mit je 2 gegenläufigen Kolben, 1862 baute HASWELL die erste Vierzylindermaschine, bei der jederseits 2 Zylinder nur wenig gegeneinander geneigt auf 2 um 180° gegeneinander versetzte Kurbeln arbeiteten; wichtig, namentlich für Gebirgsbahnen mit vielen Krümmungen, aber nur mit bedingtem Massenausgleich arbeitend ist die Duplex-Verbundlokomotive Bauart MALLET RIMMROTT (1877/1878) dadurch gekennzeichnet, daß unter einem Kessel 2 vollständige Zwillingsmaschinen mit getrennten Triebwerken, eine für Hochdruck, eine für Niederdruck, hintereinander angeordnet sind; dieser Typ ist viel verwendet, z. B. auf der Gotthard-, der neuen Harzbahn, sowie in 108 t schweren $2 \times {}^3/_3$ gek. Tender-Maschinen von 15 m Länge auf der Aragon. Zentral-Bahn in Spanien (gebaut von BORSIG-Berlin). Einen guten Massenausgleich ermöglicht in einfachster Weise die Vierzylinder- oder Zwillings-Verbundmaschine, deren erste 1885 von DE GLEHN in Mülhausen (Els.) konstruiert wurde; dieser ließ die unterhalb des Kessels liegenden Niederdruckzylinder mit 90° Versetzung auf die vordere, die außen liegenden Hochdruckzylinder mit ebenfalls 90° Versetzung auf die hintere der beiden gekuppelten Treibachsen derart einwirken, daß die Kurbeln

[3]) l. c. S. 50.
[4]) l. c. S. 51, Abs. 2.

gleicher Seite 180° Versetzung haben, gebräuchlicher ist die Bauart von BORRIES, bei der alle Zylinder in gleicher Phasendifferenz wie vorstehend angegeben auf dieselbe Achse arbeiten, wobei man alle 4 Zylinder mit Schieberkasten usw. wie bei der Maschine Abb. 1 in einem Stück gießen kann. Macht man hierbei Hoch- und Niederdruckkolben gleich schwer, dann hat man auf jeder Seite stets 2 gleiche sich jeweils einander entgegengesetzt bewegende Massen: Kolben + Kurbelstange, demnach einen ziemlich vollkommenen Massenausgleich unter aktiver Betätigung der ihn bewirkenden Teile.

Vierzylinder-Zwillings-Verbundmaschinen, bei denen dieses nicht stattfindet, der Ausgleich also anders bewirkt werden muß, sind die Maschinen nach VAUCLAIN der BALDWIN-LOC.-WORKS in Philadelphia, bei denen die Kolben je eines Paares unmittelbar übereinander liegender Hochdruck-Niederdruckzylinder auf denselben Kreuzkopf arbeiten und durch einen gemeinsamen Schieber gesteuert werden, sowie die u. a. neuerdings in sehr schweren Typen zur Anwendung kommende Tandem-Anordnung: je ein Hoch- und Niederdruckzylinder hintereinander mit gemeinsamer Kolbenstange; bei diesen muß eine zweite Art des Massenausgleiches, nämlich die durch Gegengewichte, in Anwendung kommen. An der Kurbelwelle wirken nämlich stets 1. Zentrifugalkräfte der rotierenden, 2. Querkräfte der schwingenden Massen. Sind G_K G_Z G_P die bez. Gewichte von Kurbel, Kurbelzapfen und Hälfte der Pleuelstange, d. h. $\Sigma(G)$ das Gewicht der störend wirkenden rotierenden Teile, $R_K R_Z P_P$ die zugehörigen Schwerpunktsabstände von der Achse, und R der Kurbelradius, dann ist $P = \Sigma(G)$ auf den Kurbelradius reduziert:

$$P = \frac{G_K R_K + G_Z R_Z + G_P R_P}{R}.$$

Um die hierdurch ausgeübten Kräfte aufzuheben, ist am Radrande im Achsabstand A eine Masse Q anzubringen derart, daß $Q \,.\, A = P \,.\, R$ wird. Nun liegen aber A und R in verschiedenen Ebenen, bei Erfüllung der letzten Gleichung würde also ein Kräftepaar resultieren, das die Achse zu drehen strebte, deshalb ist Q in 2 Massen zu teilen in der Weise, daß jedes der beiden Räder eine Ausgleichsmasse erhält und 3 Kräfte mit der Resultante Null auftreten, bei 2 Kurbeln erhält also zunächst jedes Rad 2 Gegengewichte. Liegen die Dampfzylinder innen, und sind die Abstände der beiden Räder von der Kurbel bzw. A_{Q_1} und A_{Q_2}, dann gilt

$$Q_1 : Q_2 = A_{Q_2} : A_{Q_1} \text{ und } Q_1 + Q_2 = Q,$$

liegen die Zylinder dagegen außerhalb des Rahmens, dann gilt

$$Q_1 - Q_2 = Q \text{ und ebenfalls } Q_1 : Q_2 = A_{Q_2} : A_{Q_1}.$$

Die so für jedes Rad sich ergebenden 2 Gegengewichte lassen sich durch eines ersetzen, dessen Zentrifugalkraft = der Resultierenden aus den Zentrifugalkräften der Teilgewichte ist, was leicht graphisch zu ermitteln ist, ebenso wie auch der Winkel, unter dem den anderen gegenüber dieses eine Ausgleichsgewicht anzubringen ist. Liegen die Zylinder außen, und sitzen die Kurbelzapfen unmittelbar am Rade, dann kann in jedem Rade das der anderen Kurbel entsprechende kleine Ausgleichsgewicht fortgelassen werden. In gleicher Weise sind bei Kuppelachsen[5]) ebenso Kurbeln und Kuppelstangen auszubalancieren. Auch die Kräfte der nur schwingenden Massen lassen sich durch Gegengewichte dieser Art in berechenbarer Weise ausgleichen.

Die den Dampfeintritt in die Zylinder regelnde Steuerung der Maschine Abb. 1 ist die 1844 von WALSCHAERTS (Belgien) und 1849 unabhängig von HEUSINGER VON WALDEGG erfundene WALSCHAERTS-HEUSINGER-Steuerung, welche in neuester Zeit schon fast die Normalsteuerung für Lokomotiven geworden ist[6]). Die Steuerung bezweckt ja rechtzeitig dem Dampf den Zutritt zum Zylinder bzw. den Austritt aus diesem zu öffnen, und dieses „rechtzeitig" ist sehr wesentlich; eine richtige Einstellung jedesmal im Augenblicke des Hubbeginnes wäre zu spät, da einerseits der Frischdampf erst den „schädlichen Raum" ausfüllen müßte, andererseits der Abdampf vor Ausströmung eine Kompression erleiden würde, beides, Ein- wie Ausströmung, müssen demnach Voreilung haben, und diese, durch ein in gleichem Sinne gegen die Kurbel versetztes Exzenter oder Gegenkurbel bewirkt, würde sich bei Umkehr des Drehsinnes in eine Nacheilung verwandeln, so daß zwei zur Kurbel symmetrisch liegende, je nach der

[5]) d. h. mit der direkt angetriebenen durch Verbindung der (gleichgroßen) Räder vermittelst Kuppelstangen zwangläufig verbundenen Achsen.

[6]) Mit Rücksicht darauf entspricht es nicht mehr den tatsächlichen Verhältnissen, wenn in den Lehrbüchern immer noch Lokomotiven mit der WILLIAMS-STEPHENSON-Steuerung abgebildet werden.

Fahrtrichtung wechselweise zur Anwendung zu bringende Exzenter nötig sind. Die ersten Lokomotivsteuerungen waren Gabelsteuerungen, bei denen jeweils nur eine Exzenterstange in Wirksamkeit war; sie wurden ersetzt durch die 1842 in STEPHENSONS Fabrik von WILLIAMS erfundene, von HOWE zuerst im Modell ausgeführte, dann von STEPHENSON verwendete und nach ihm benannte Kulissensteuerung, bei welcher ein die Exzenterstangen verbindendes Führungsstück, die „Kulisse", gegenüber dem Ende der gerade geführten Steuerstange verschoben wird. Diese wie verschiedene ähnliche spätere Konstruktionen haben den Nachteil großer Reibungsflächen sowie, daß die Teile nicht in einer Ebene liegen; beides ist nicht der Fall bei modernen schweren Maschinen sehr mißlich wäre, sämtliche Teile sind ohne Schwierigkeit in eine Ebene zu bringen, auch ist die Steuerung unempfindlich gegen senkrechte Erschütterungen. Bei Vierzylinder-Verbundmaschinen nach Abb. 1 bedarf man nun für die inneren Zylinder keiner Exzenter, sondern kann wegen der 180°-Phasenverschiebung die Steuerung des inneren Zylinders leicht mittelst einer kleinen, von der Kulisse aus ins Schwingen gesetzten Übertragungswelle von den äußeren ableiten (Pat. VON BORRIES).

Das eigentliche Steuerorgan war ursprünglich der Schieber, entstanden aus dem 1802 von M. MURRAY erfundenen Muschelschieber. Je größer aber die Lokomotiven und ihre Leistungen wurden, um so massiger

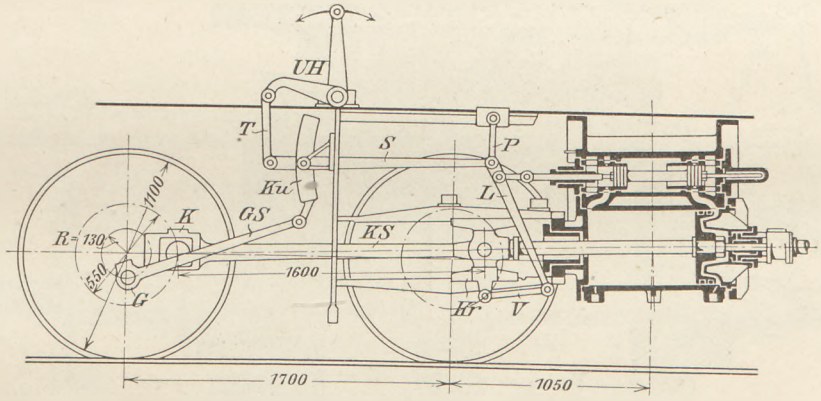


Fig. 2. — Lokomotivdampfmaschine mit Kolbenschieber und HEUSINGER-Steuerung.

der WALSCHAERTS-HEUSINGER-Steuerung, Abb. 2 (vgl. auch Abb. 1). Bei der gegenwärtig allgemein üblichen Ausführung ist an der Achse mit 90° Voreilung eine Gegenkurbel *G* angebracht, von der aus durch eine Stange *GS* eine in ihrer Mitte drehbar gelagerte Kulisse *Ku* in schwingende Bewegung gesetzt wird; ferner ist am Kreuzkopf *Kr* ein Voreilhebel *V* angebracht, dessen freies Ende durch einen in seiner Mittellage senkrechten Hauptlenker *L* mit einer Steuerstange *S* verbunden ist, deren anderes Ende mittels Gleitstückes in der Kulisse geführt und von dieser bewegt wird. Die Bewegung dieses senkrechten Hebels setzt sich also zusammen aus der seinem oberen Ende über die Kulisse übermittelten der Gegenkurbel und der vom Voreilhebel übertragenen des Kreuzkopfes, und von diesem Hebel wird dann erst die Schieberstange angetrieben. Diese Steuerung ist sehr übersichtlich, verursacht nur geringe Reibung, bedarf keiner Exzenter, was bei den dicken Achsen der wurden die Schieber, und um so mehr Unzuträglichkeiten stellten sich ein; es wurde schwierig, die Dampfkanäle genügend weit zu machen, ferner einerseits dampfdichten Schluß zu erhalten, andererseits Fressen, d. h. mechanisches Angreifen seiner Gleitbahn durch die Endkanten des infolge ungleicher Erwärmung krumm gewordenen Schiebers zu vermeiden. Man ist deshalb in neuerer Zeit dazu übergegangen, Kolbenschieber zu verwenden; diese bestehen, wie Abb. 2 zeigt, in zwei in geringem Abstand voneinander auf derselben Stange sitzenden kleinen Kolben, welche die beiden Böden des zylindrischen Dampfeinströmungsraumes bilden, dessen Wandung ringsum an zwei geeigneten Stellen je eine Reihe von Öffnungen besitzt, die Dampfkanäle zum Zylinder, während der die Einströmungskammer umgebende Raum mit dem Blaserohr im Schornstein verbunden ist. Der Schieber ist „entlastet", weil der Dampfdruck auf seine beiden Kolben sich aufhebt;

die ersten Kolbenschieber wurden bereits 1871 von W. BOUCH in England ausgeführt.

Alle Schwingensteuerungen, d. h. die durch direkte Umwandlung stetig rotierender in hin- und hergehende Bewegung betätigten, haben nun wesentliche Mängel, welche besonders darin liegen, daß Öffnung und Schluß des Dampfeintrittes, weil bei Umkehr der Bewegungsrichtung eintretend, schleichend, d. h. relativ sehr langsam erfolgen, während ein plötzliches Öffnen bzw. Schließen erwünscht wäre, und, weil dadurch bedingt, bei großer Expansion oder „geringen Füllungen", d. h. wenn man den Schieberhub durch Nähern des Gleitstückes an die Kulissenmitte verkleinert, starke Kompression des gewirkt habenden Dampfes erfolgt. Alle drei Übelstände bedeuten erhebliche Dampfverluste, und das Streben mußte auf Einführung einer Präzisionssteuerung mit unabhängig voneinander betätigten Ein- und Auslaßorganen gerichtet sein, wie es die von CORLISS 1848 erfundene Steuerung mit 4 Hähnen[7]) war; alle seitdem unternommenen Versuche, eine für Lokomotiven geeignete Präzisionssteuerung herzustellen, blieben jedoch ohne Dauererfolg, da dabei eine komplizierte Konstruktion nicht zu vermeiden war, die in ihrer Vielteiligkeit sich nicht genügend gegen Wind- und Wettereinflüsse unempfindlich erwies. Zudem handelt es sich um relativ hohe Umdrehungszahlen, zwischen etwa 193 und 300 in der Minute, was auch Berücksichtigung fordert. Einen wesentlichen Erfolg bedeutet da nun die Einführung der Ventilsteuerung von LENTZ an Lokomotiven seitens der HANNOVERSCHEN MASCHINENBAU-A.-G., 1905. Die LENTZ-Steuerung, eine bei ortsfesten Dampfmaschinen wohl bewährte und bereits in sehr großem Umfange verwendete Steuerung, ist für Lokomotiven folgendermaßen eingerichtet, Abb. 3. Auf dem Zylinder *C* ist ein Kasten aufgebaut,

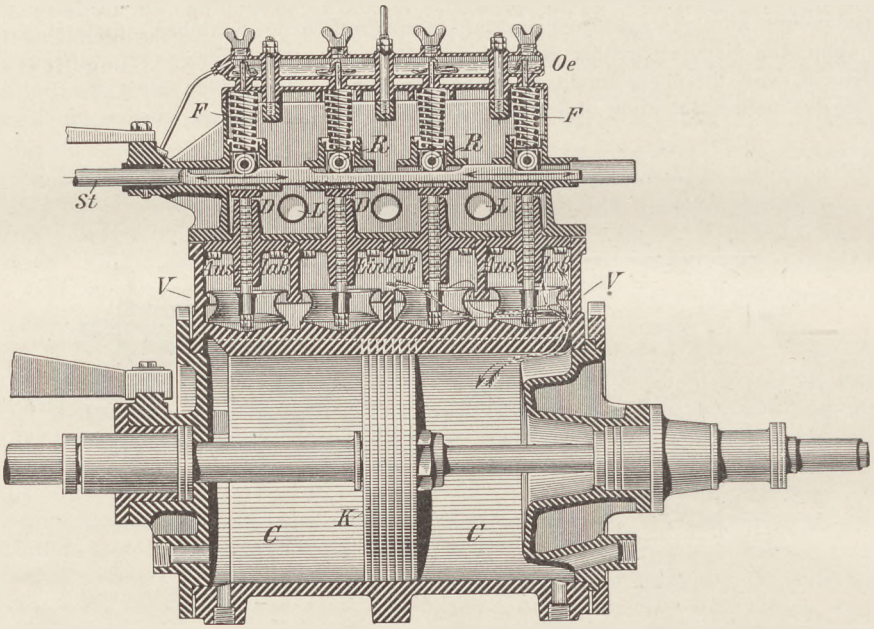


Fig. 3. — Ventilsteuerung System LENTZ.

in welchem sich ganz in der alten Weise, etwa durch HEUSINGER-Steuerung angetrieben, eine Stange *St* bewegt, deren Oberseite mit geeigneten Hubkurven versehen ist; von diesen Kurven werden vier Ventile *V* beeinflußt, welche durch Federn *Fe* auf ihre Sitze gedrückt werden und auf der Stange mittelst Rollen *R* hängen. Auf die Stopfbüchsen der Steuerstange wirkt kein Dampfdruck, da die Ventile von *Oe* aus geschmierte sog. Labyrinthdichtungen *D* besitzen; diese bestehen darin, daß die genau zylindrisch gedrehte genau passend in einer langen zylindrischen glatten Hülse befindliche Ventilstange mit einer Anzahl äquatorial verlaufender Eindrehungen versehen ist. Diese Steuerung ist mit Erfolg schon bei einer größeren Anzahl im regelmäßigen Betriebe stehender Lokomotiven in Anwendung gebracht worden; eine Abänderung besteht darin, daß man die

[7]) sog. Drehschiebern.

Ventile zu je zweien nebeneinander wagerecht legt und sie durch zwei auf schwingender Achse sitzende unrunde Scheiben bewegt.

Ein besonders wichtiger Fortschritt im Lokomotivbau war die Einführung der Anwendung bis auf über 300° C überhitzten Dampfes bei Lokomotiven durch WILH. SCHMIDT, den Erfinder der Heißdampfmaschine, und Baurat GARBE 1898. Die Ökonomie eines thermischen Prozesses, bei dem Arbeitsabgabe unter Wärmeverbrauch stattfindet, hängt von dem Verhältnis der absoluten Grenztemperaturen ab, und da die untere durch die Temperatur der Umgebung bestimmt ist, kann eine Verbesserung nur in Erhöhung der oberen Grenztemperatur bestehen; dies geschieht durch Überhitzen des Dampfes in besonderen Apparaten, Überhitzern, vermittelst deren eine wesentlich bessere Ausnutzung des Brennstoffes möglich ist. Die Einrichtung eines neueren Rauchrohr-Überhitzers nach SCHMIDT zeigt Abb. 4. Der Kesseldampf gelangt bei geöffnetem Regulator *i* durch ein Rohr in den Überhitzer *b*, dessen Rohre *c*, *d* von 33 mm äußerem und 26 mm innerem ϕ mit je drei Strängen, zweien solcher —T und einem solcher =O Form, sich in den oberen weiteren und daher als Rauchrohre bezeichneten Siederöhren von je 121 mm äußerem und 112 mm innerem ϕ befinden; der überhitzte Dampf gelangt dann durch *l* zum Zylinder, um endlich durch *s* abgeblasen zu werden. Da bei geschlossenem Regulator *i* der Überhitzer dampflos bleibt, so ist, um in diesem Falle ein Verbrennen der Rohre zu verhüten, eine Klappenvorrichtung *f h* angebracht, welche, mit dem Regulatorhebel zwangläufig verbunden, bei dessen Schluß den Feuergasen den Weg durch die Rauchrohre sperrt.

Verbund-Zwillingsmaschinen wie Heißdampfmaschinen stellen jede für sich eine Vervollkommnung der alten Lokomotive dar, und man sollte es für naheliegend halten, nun beides miteinander zu einer noch vollkommeneren, der Heißdampf-Zwillings-Verbund-Lokomotive zu verbinden; solche sind auch bereits gebaut und u. a. auch auf der pfälzischen Bahn seit 1905 in Betrieb. Der Brennmaterialverbrauch der vier Typen: Naßdampf-Zwilling zu Naßdampf-Verbund zu Heißdampf-Zwilling zu Heißdampf-Verbund beträgt nach den bisherigen Versuchen bei im Mittel 275° C Überhitzung: 100 : 87 : 81 : 75;

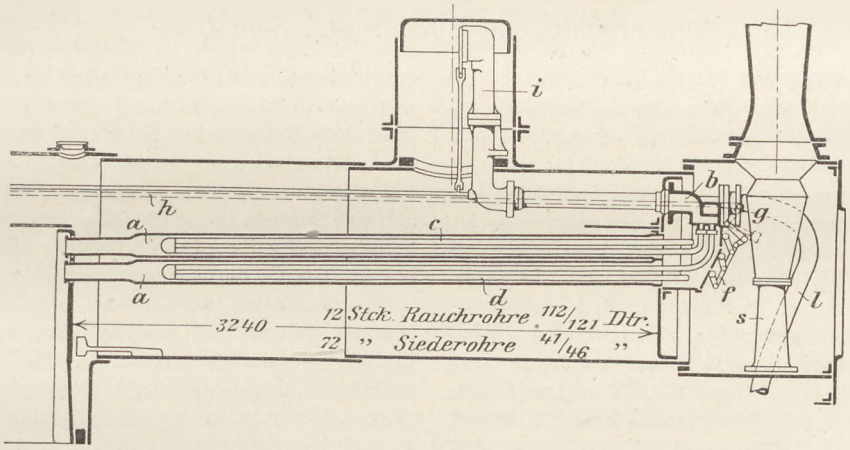


Fig. 4. — Rauchrohr-Überhitzer System SCHMIDT.

danach ist also die Heißdampf-Verbund-Maschine weitaus am ökonomischsten.

Die Leistungen der heutigen Lokomotiven sind ganz gewaltige, aber auch die gestellten Anforderungen sehr hohe; Maschinen nach Abb. 1 leisten ∼1200÷1500 PS., die Höchstgeschwindigkeit im normalen Betriebe beträgt 100 km. Angesichts der Fortschritte der elektrischen Eisenbahnen, namentlich der berühmten Marienfelder Schnellbahnversuche mit 210 km/Std. Höchstgeschwindigkeit, hat man mit besonderen Dampflokomotivenkonstruktionen Besonderes zu erreichen versucht, wie es die $^2/_6$ Schnellzugmaschinen Bauart WITTFELD von HENSCHEL & SOHN in Kassel (1903/4) sind; diese 79÷86 t schweren, ganz und gar D-Zug-Wagen-artig überbauten Maschinen von ∼13 m Länge haben drei Zylinder gleicher Größe, davon außen zwei Niederdruckzylinder mit gleichstehenden Kurbeln, was guten Ausgleich hinsichtlich des Schlingerns bedingt, Treibräder von

2,2 m ϕ und bei 4,2 m² Rostfläche zwei Feuerungen, den Führerstand vorn, und erfordern zwei Heizer. Diese eigenartigen Lokomotiven entwickeln ∼ 1500 PS. und erreichten mit drei D-Wagen 137 km, mit sechs D-Wagen 128 km/Std. auf gerader ebener Strecke; sie haben sich jedoch nicht bewährt, so daß man wieder zu dem alten Schema zurückgekehrt ist, wie es Abb. 1 zeigt. Von besonderen Verbesserungen an den neueren Lokomotiven seien noch genannt: Fernthermometer, thermoelektrisch, welche die Dampftemperatur am Zylinder bzw. im Überhitzer anzeigen; ferner Rauchverbrennungsvorrichtungen, vielverwendet System Marcotty, bei welchem durch eingeblasenen Dampf eine innige Durchmischung von Rußteilchen, Feuergasen und Luft bewirkt wird. Besondere Schwierigkeiten macht das Heizen, da bei dem enormen Dampf- und Kohlenverbrauch ein Heizer zur Beschickung der gewaltig gewachsenen Roste (s. o.) kaum hinreicht, während zwei meist nicht Platz haben; aus diesem Grunde hat man bereits angefangen, es mit mechanischen automatischen Feuerungen zu versuchen. *Biegon von Czudnochowski.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Große Männer. Von Wilhelm Ostwald. IX und 424 S. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., 1909. M 14,—; geb. M 15,—.

Die an den Verfasser von japanischer Seite gerichtete Frage, wie man künftige große Männer in der Jugend erkenne, ist ihm der äußere Anlaß gewesen, die Entwickelung einer Reihe von Naturforschern näher zu untersuchen. Er stellt in dem vorliegenden Werk Biographien von Humphry Davy, Julius Robert Mayer, Michael Faraday, Justus Liebig, Charles Gerhardt, Hermann Helmholtz dar und zieht daraus eine Reihe von allgemeinen Folgerungen. Er stellt fest, daß in der Jugend durchweg eine gewisse Frühreife, eine Unzufriedenheit mit dem dargebotenen Bildungsmaterial und eine mehr oder weniger zielbewußte Willensenergie vorhanden sei. Er findet aber dann weiter, daß man zwei große Klassen von Forschern unterscheiden muß, die er als Romantiker und Klassiker charakterisiert, die ersteren mit lebhaftem Temperament und großer Reaktionsgeschwindigkeit, die anderen mit mehr phlegmatischer Anlage und geringer Reaktionsgeschwindigkeit begabt; zu den ersteren rechnet er Davy, Liebig, Gerhardt, zu den letzteren Mayer, Faraday, Helmholtz. Der Gesichtspunkt, unter dem der Verfasser das Phänomen der großen Männer verstehen zu können meint, ist der energetische; doch dürfte er, der selber wohl dem romantischen Typus beizuzählen ist, sich über die Tragweite dieses Gesichtspunktes einer begreiflichen Täuschung hingeben. So namentlich, wenn er die Erschöpftheit nach großen Leistungen auf ein Verbrauchtsein psychischer Energie zurückführt. Schon die Annahme einer mit den sonstigen Energieformen gleichwertigen psychischen Energie ist berechtigten Bedenken ausgesetzt; gibt man aber selbst diese Annahme zu, so ließe sich doch der Prozeß der geistigen Produktion bestenfalls als eine Umwandlung physikalischer Energie in psychische Energie verstehen; von einem begrenzten Vorrat der letzteren zu reden, ist ungerechtfertigt, da doch bei normalem Ablauf der Gehirnfunktion eine beständige Neubildung gemäß den Gesetzen des Energieumsatzes stattfinden muß. Man wird allenfalls sich vorstellen können, daß die Transformationseinrichtungen selber durch übermäßige Inanspruchnahme schadhaft werden — sowie etwa eine Dampfmaschine trotz genügender Vorräte an Kohle und Wasser zu arbeiten aufhört, wenn in den wesentlichen Konstruktionsteilen etwas in Unordnung gekommen ist; es wird dann im Fall des Denkorgans längerer Zeit der Ruhe bedürfen, ehe die über die Elastizitätsgrenze hinaus beanspruchten Elementarmechanismen ihre Leistungsfähigkeit auf dem Wege organischer Erneuerung wiedergewonnen haben. Zu dem Verständnis dieses Vorgangs vermag die Energetik nichts Erhebliches beizutragen, es spielen hier biologische Gesetze besonderer Art eine wesentlichere Rolle.

Daß der Verfasser an das beigebrachte Material eine Fülle von Gedanken über Wissenschaftsbetrieb und Unterrichtsgestaltung anschließt, sei hier nur erwähnt. Im besonderen geben die Bemerkungen über die Reformbedürftigkeit unserer höheren Schulen wohl zu nachdenklicher Erwägung Anlaß, auch dem, der den Sprachunterricht nicht so radikal verurteilt wie Ostwald. Vor allem

aber ist das Werk als ein Beitrag zur Wissenschaftsgeschichte und zur Biologie des Genies von außerordentlichem Wert. *P.*

Vergangenes und Künftiges aus der Chemie. Von Sir William Ramsay. Biographische und chemische Essays. Deutsche, um eine autobiographische Skizze vermehrte Ausgabe, übersetzt und bearbeitet von Wilhelm Ostwald. Leipzig, Akad. Verlagsgesellsch. m. b. H. 1909. 296 S. M 9,50.

Die in diesem Bande vereinigten Aufsätze, die historischen und nicht minder die wissenschaftlichen, sind von ganz ungewöhnlichem Interesse. In dem ersteren wird Leben und Lebensarbeit einer Anzahl großer Forscher behandelt, nämlich von Boyle und Cavendish, Davy und Graham, Joseph Black, Lord Kelvin, M. Berthelot. Es hat großen Reiz, an der Hand eines Meisters wie Ramsay den Entwicklungsgang der Chemie und die Geschichte ihrer hervorragendsten Probleme behandelt zu sehen. Fast noch größer aber ist der Eindruck, den man von den Aufsätzen der zweiten Reihe erhält; sie betreffen folgende Gegenstände: Wie Entdeckungen gemacht werden; Die Becquerelstrahlen; Was ist ein Element? Über die periodische Anordnung der Elemente; Radium und seine Produkte; Was ist Elektrizität? Die Aurora Borealis; Die Funktionen der Universität. Ein besonderer Vorzug dieser Abhandlungen besteht darin, daß sie an die Problemstellungen heranführen, die sich aus dem bisher Erforschten ergeben. Ungemeines pädagogisches Geschick zeigt namentlich der Aufsatz: Was ist Elektrizität? Hier wird eine der schwierigsten modernen Fragen mit Hilfe einiger geistreicher Analogien in elementarster Form fast spielend erörtert. Die Erklärung des Nordlichts im vorletzten Essay wird auf die neuesten Entdeckungen über die Edelgase gestützt, wobei dem Krypton eine Hauptrolle zufällt. Der letzte Essay betrifft gewisse Schäden der englischen Universitätsverhältnisse, denen die deutschen als Muster entgegengehalten werden. Auch sonst macht der Verf. wiederholt Bemerkungen über Unterrichtsfragen, die von tiefem Verständnis für dieses Gebiet zeugen. So erscheint ihm auf der einen Seite (S. 5) der naturwissenschaftliche Unterricht auf den modernen englischen Schulen zu weit getrieben; es werde versucht, den unreifen Geist des Schülers zur Erfassung von Dingen zu bringen, die im Grunde sehr schwierige geistige Probleme sind; dadurch werde leicht Autoritätsglaube großgezogen. Das Kind müsse vielmehr (S. 54), wenn auch in noch so elementarer Weise, begreifen, wie man nützliche Schlüsse aus Beobachtung und Versuch zieht, und sich so, wenigstens in gewissem Maße, von der Knechtschaft intellektueller Autoritäten frei machen. *P.*

Oberstufe der Naturlehre (Physik nebst Astronomie und mathematischer Geographie). Nach A. Höflers Naturlehre für höhere Lehranstalten des Deutschen Reiches bearbeitet von Dr. Friedrich Poske. Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 481 z. T. farbigen Abbildungen und 4 Tafeln. 357 S. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1909. Geb. M 4,—.

Der Text dieser neuen Auflage ist sorgfältig durchgesehen und an vielen Stellen erweitert worden, so daß der Umfang des Buches um mehr als einen Bogen zugenommen hat. Auch ist eine größere Anzahl neuer Figuren hinzugekommen. Erheblichere Änderung hat namentlich der Abschnitt über Beugung und Interferenz des Lichtes erfahren. *P.*

Elektrizität und Materie. Von J. J. Thomson. Deutsche Übersetzung von G. Siebert. Zweite verbesserte Auflage. VI und 116 S. 21 Textfiguren. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1909. M 3,—; in Leinwand M 3,60.

Die vorliegende zweite Auflage unterscheidet sich von der ersten besonders durch die Hinzufügung eines siebenten Vortrages über Materie und Äther. Ausgehend von der Tatsache, daß die Unabhängigkeit der Geltung des Energieprinzips vom Koordinatensystem durch die Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung bedingt ist, zieht Verf. aus dem scheinbaren Versagen des dritten Newtonschen Prinzips bei der gegenseitigen Wirkung verschieden schnell bewegter elektrischer Ladungen den Schluß, daß das System nicht vollständig ist, daß vielmehr durch elektrodynamischen Energieaustausch der durchaus nicht masselose Äther am Vorgang beteiligt ist. Die weitere Ausmalung dieses Gedankens führt auf die Möglichkeit, alle potentielle Energie als kinetische unbeachteter Systemteile zu deuten.

Wie in den schon bekannten sechs Vorträgen werden diese recht abstrakten Spekulationen durch wohlgewählte Gleichnisse bemerkenswert anschaulich erläutert. *W. Vn.*

Anfangsgründe der Maxwellschen Theorie verknüpft mit der Elektronentheorie. Von Franz Richarz. IX und 245 S. 69 Textfiguren.

Leipzig, B. G. Teubner, 1909. M 7,—; in Leinwand M 8,—.

Der Verf. kommt in diesem aus Oberlehrerkursen, Vorträgen und Vorlesungen entstandenen Buch ganz besonders den Lesern entgegen, denen die ältere Theorie der Elektrizität geläufig ist. Ausgehend von diesen älteren Anschauungen, entwickelt er im ersten Kapitel in ungemein anschaulicher Schilderung den Sinn der Faraday-Maxwellschen Vorstellungen und der Symbole der Vektorrechnung. (Diese werden übrigens in dem Buche nicht als Rechnungshilfsmittel, sondern nur als ebenso bequeme wie anschauliche Abkürzungen benutzt.)

Im zweiten Kapitel werden dann die Anknüpfungen fallen gelassen und die Theorie auf eigene Füße gestellt. Die Reihenfolge der weiteren Entwicklung ist die durch die Natur der Sache gegebene: Statik, Ströme, Elektromagnetismus, Induktion, schnelle Feldänderungen und Wellen.

Als Besonderheiten des Buches seien hervorgehoben: 1. die enge gegenseitige Beziehung der beiden Maxwellschen Gleichungstripel, die mit Hilfe des Energieprinzips auseinander abgeleitet werden; 2. die überall in den Vordergrund geschobene Elektronenhypothese, die einerseits eine greifbar deutliche Darstellung Maxwellscher Ansichten zuläßt, andrerseits aber über diese noch weit hinausführt; 3. die sorgfältige Ausnutzung des Kraftlinienbegriffes zur Erläuterung der mit Potential und Vektorpotential zusammenhängenden Schlüsse.

Da die Experimentalphysik gewiß in absehbarer Zeit nicht aufhören wird, von Polen und Polpaaren auszugehen und ihre grundlegenden Definitionen in Polstärken und Entfernungen, d. h. im Sinne der älteren Elektrizitätslehre, auszusprechen, so wird auch auf lange Zeit hinaus das vorliegende Buch einen besonders empfehlenswerten Weg zu den Höhen der Maxwellschen Lehre bilden. Für das eingehende weitere Studium derselben weist es selbst die geeigneten Quellen nach. *W. Vn.*

Leitfaden der Luftschiffahrt und Flugtechnik in gemeinverständlicher Darstellung und mit besonderer Berücksichtigung der historischen Entwickelung. Von Dr. Raimund Nimführ. Wien und Leipzig, A. Hartleben, 1909. XIV und 444 S., 221 Abb. i. Text. Orig.-Leinwandband M 12,—.

Die Luftschiffahrt, dem heutigen Stande der Wissenschaft entsprechend dargestellt von Graf Ferd. v. Zeppelin jr. u. a. Fachmännern. Stuttgart, A. Frankh (ohne Jahreszahl, erschien 1908). 157 S., 62 Abb. i. Text u. 4 Doppeltafeln. Geh. M 2,80; in Leinwandband M 3,50.

Das Werk von Nimführ gehört unstreitig zu dem Besten der aeronautischen Literatur. Der Verf. will keine Anleitung zur Erfindung, sondern „einen Leitfaden zum Verständnis der modernen Fahrzeuge zur Fortbewegung durch die Luft“ geben; er beschränkt sich ausschließlich auf die aerostatische und aerodynamische Luftschiffahrt. Nebendisziplinen wie Militäraeronautik, Aerologie, Ballonphotographie usw. dagegen sind nicht berücksichtigt, was, von den Drachen abgesehen, durchaus zu billigen ist. Der Inhalt zerfällt in: Einleitung (S. 1÷27), aerostatischen Flug (S. 28÷151), aerodynamischen Flug (S. 152÷325), theoretische Flugtechnik (S. 326÷424), Anhang (S. 425÷436). Die Darstellung ist klar und übersichtlich, die physikalischen Momente sind überall deutlich hervorgehoben und besonders erläutert, und das Verständnis wird durch zweckmäßige und in z. T. sehr ausführlichen „Legenden“ noch besonders erklärte Abbildungen erleichtert. Eine besondere persönliche Note erhält das Buch durch eine vom Verf. ausgeübte frisch fröhliche Kritik, der man allerdings nicht in allen Fällen unbedingt beistimmen kann. So wird von ihm bei Besprechung der modernen Lenkballontypen — deren, wie Hergesell richtig betont, nur zwei, das starre und das Ballonett-Luftschiff, zu unterscheiden sind — das erstere als eine „lebensunfähige Idee“ bezeichnet, trotzdem er über die Erfolge Zeppelins mit ehrlicher Anerkennung eingehend referiert; es ist ferner nicht zutreffend, daß dem starren System eine Analogie mit dem Wasserschiffe zugrunde liegt (S. 122), sondern es läßt sich, wie Ref. unlängst in dieser Zeitschrift gezeigt, dieses aus rein aeronautischen Gründen als Optimum ableiten, weil es wichtige Vorzüge bietet, die der Verf. aber nicht erwähnt. Umgekehrt sind beim unstarren System dessen Nachteile nicht erörtert, deren wesentlichster der jede geringfügige Verletzung unbedingt zur Katastrophe gestaltende innere Überdruck, in letzter Linie also das Ballonett ist; nicht den Tatsachen entsprechend ist die Bezeichnung des Systems Juillot-Lebaudy („Patrie“) als des einzigen erprobten halbstarren, da Gleiches auch von dem Frühling 1907 in die Praxis eingeführten deutschen System Groß-Basenach gilt. Besonders reichhaltig ist die Zahl der besprochenen dynamischen Flugapparate, unter

denen aber auch einige neuere deutsche hätten genannt werden können; hingewiesen sei hier besonders auf die Ehrenrettung des bisher stets nur mit Spott genannten Jacob Degen (1808, 12). Zu loben ist auch die übersichtliche systematische Gliederung des Stoffes, die Zusammenstellung der allgemeinen Prinzipien für Kugelballon, Lenkballon und Drachenflieger an geeigneten Stellen, die Beibringung fast überall vollständiger Daten der besprochenen Apparate, die konsequente Durchführung einer einheitlichen leicht verständlichen Terminologie und die zahlreichen Literaturhinweise, denen auch der Anhang ganz gewidmet ist; hinsichtlich der Kritik des Buches von Hildebrandt muß aber berichtigend bemerkt werden, daß dieser als Anhänger von Lilienthal dessen Versuche allerdings S. 123÷126 in Text und Bild behandelt, und daß von dem doch mit den Beobachtungen von Anschütz und Marey gut harmonierenden Buttenstedtschen Flugprinzip, wenn ein so gewiegter Fachmann wie Hildebrandt es sachlich bespricht, nicht gesagt werden kann, es seien „in Fachkreisen nie ernst genommene Faseleien". —

Ebenfalls vortrefflich, wenn auch ganz anderen Charakters, ist das Buch von Zeppelin u. a., in welchem in für weiteste Kreise verständlicher Form ein Bild der Entwickelung und des gegenwärtigen Standes der Luftschiffahrt gegeben wird; in dieser Hinsicht darf das Buch geradezu als vorbildlich bezeichnet werden. Acht Fachleute haben sich zusammengetan, um, von einer auch viel Wissenwertes enthaltenden „Einleitung" abgesehen, die Geschichte der Luftschiffahrt, die Freiballonfahrt, den modernen Fesselballon, das starre System Zeppelin, eine Fahrt mit Zeppelin (Schweizerfahrt), den unstarren Parseval-, den halbstarren Militärballon Groß-Basenach, die Flugmaschine zu behandeln. Das trotz der Beschränkung gegebene Bild des Ganzen ist ein abgerundetes und vollständiges, insofern nichts Wesentliches vergessen ist. Die Gesamtausstattung ist mustergültig, und so ist das Buch allen, die sich über den Gegenstand zu orientieren wünschen, ohne zu tief in Einzelheiten zu geraten, namentlich Lehrern und begabteren Schülern, angelegentlichst zu empfehlen. —

Im Anschluß an die vorstehenden sei hier noch auf das auch Neben- und Hilfsgebiete wie Drachen, Fallschirme, Aerologie, Luftsport, Ballonphotographie, Brieftaubenverwendung und Luftschifferrecht behandelnde Werk von Hildebrandt „Die Luftschiffahrt"[1]) empfehlend hingewiesen, welches zwar die technischen Daten nicht immer in wünschenswerter Vollständigkeit gibt und über die wirklichen großen Erfolge der Lenkballons und Flugmaschinen in Anbetracht seiner Erscheinungszeit noch nichts bringt, immerhin aber als das den Gegenstand wohl am vollständigsten behandelnde deutsche Werk auch heute noch Beachtung verdient. *W. B. v. Czudnochowski.*

Die Telegraphen-Meßkunde. Von H. Dreisbach. (Telegraphen und Fernsprechtechnik Nr. III.) Braunschweig, Vieweg & Sohn, 1908. XI und 172 S., 146 Abb. i. Text und 1 Tafel. Geh. M 6,—; geb. M 7,—.

Das Buch enthält eine übersichtliche Beschreibung der gebräuchlichsten Geräte und Methoden für Messungen an Telegraphenapparaten und Leitungen und ist gegliedert in Einleitung, Meßgeräte, Meßmethoden, Leitungsmessungen, magnetische und Induktionsmessungen, Stromkurvenaufnahmen und Wechselstrommessungen, Anhang (Tabellen und Register). Wie das in Rede stehende Spezialgebiet den Arbeiten vieler Physiker wesentliche Verbesserungen verdankt, so sind andererseits die hier zusammengestellten Ergebnisse vielfach von großem Interesse für den Physiker. Anordnung und Behandlung des Stoffes sind gut, die Ausstattung die seitens des Verlages übliche vorzügliche.

W. B. v. Czudnochowski.

Lehrbuch der allgemeinen, physikalischen und theoretischen Chemie, in elementarer Darstellung für Chemiker, Mediziner, Botaniker, Geologen und Mineralogen. Von F. W. Küster. Vollständig in etwa 12 Lieferungen zum Preise von je M 1,60. Heidelberg, Carl Winters Universitätsbuchhandlung. Lieferung 1—9. 1906 bis 1908.

Das Buch ist die theoretische Einleitung zu dem alten Gmelin-Krautschen Handbuch der anorganischen Chemie, das zurzeit unter Friedheims Leitung in ganz neuer Bearbeitung erscheint. Das Küstersche Werk verdient aber als ein interessanter und glücklich gelungener Versuch, die physikalische Chemie ohne viel mathematisches Beiwerk darzustellen, allgemeinere Beachtung. Der Verfasser hat — wie viele seiner Fachgenossen — in seinen verschiedenen Lehrstellungen die

[1]) München und Berlin, R. Oldenbourg, 1907; VIII und 426 S., 230 Abb., 1 farb. Titelbild und 1 Tafel; geb. M 16,—.

Erfahrung gemacht, daß die physikalische Chemie vielfach bei Studierenden und Fortgeschrittenen etwas in Verruf gekommen ist, daß sie als „mathematisch“ und „unverständlich“ angesehen und abgelehnt wird, wo sie, in leichterer Fassung vorgetragen, den größten Nutzen stiften kann. So hat Küster seine mannigfaltigen Lehrerfahrungen benutzt, um eine elementare, aber erschöpfende Darstellung der modernen Grundlagen der Chemie zu geben. Daß eine Differentialgleichung nicht ängstlich vermieden wird, wo sie zum Verständnis nötig und vor allem, wo sie durchsichtig ist, wie in der Kinetik, ist wohl selbstverständlich. Aber alle Herleitungen zeichnen sich durch wohltuende Einfachheit und Klarheit aus. Dafür, daß die Exaktheit stets gewahrt bleibt, bürgt schon der Name des Autors. Über die Vollständigkeit des behandelten Stoffes läßt sich naturgemäß noch kein Urteil abgeben, auch nicht über die Zweckmäßigkeit der Anordnung. — Die Abbildungen der Apparate und Versuchsordnungen sind klare, einfache Strichzeichnungen; doch sind sie in manchen Teilen des Buches — namentlich gegenüber der Fülle von Diagrammen — etwas kärglich bemessen. Das Buch kann schon jetzt, ehe die Schlußlieferungen vorliegen, allen Interessenten warm empfohlen werden.

W. Roth-Greifswald.

Die Lagerung der Atome im Raume. Von J. H. van't Hoff. 3. umgearbeitete u. vermehrte Auflage. Mit 24 Abbildungen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1908. 147 S. M 4,50.

Die bahnbrechende Schrift, die zuerst 1876 als eine von Dr. F. Hermann besorgte Bearbeitung der Broschüre „La chimie dans l'espace“ (Rotterdam 1875) erschien, wurde in ihren beiden ersten Ausgaben von Wislicenus bevorwortet, der hierdurch die neuen Ideen in Deutschland verbreiten half. Beide interessanten Vorworte des inzwischen verstorbenen Forschers sind auch in der vorliegenden Ausgabe wieder abgedruckt. Die neue Ausgabe ist erheblich erweitert und berücksichtigt die Forschungen auch der letzten Zeit. Die biologisch interessierten Leser seien besonders auf das Kapitel über die Enzymwirkungen hingewiesen. Welchen Wert es hat, die „Darlegung der Grundidee“ und die weiteren stereochemischen Anschauungen, die jetzt Allgemeingut geworden sind, im Original zu lesen, an der Hand der so einfachen und klaren Abbildungen, bedarf keiner weiteren Worte. *O.*

Jahrbuch der Chemie. Herausgegeben von Richard Meyer, Braunschweig. XVIII. Jahrg. 1908. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn 1909. 587 S., geh. M 18, geb. M 19 (Halbfr. M 20).

Im vorliegenden Band der bewährten Jahresschrift hat an Stelle des dahingeschiedenen C. A. Bischoff die Bearbeitung der „Organischen Chemie“ O. Aschan übernommen. Es ist nicht möglich, von dem reichen Inhalt des die reine wie die angewandte Chemie gleichermaßen berücksichtigenden Buches in Kürze eine Vorstellung zu geben; doch sollen einzelne Proben herausgegriffen werden. So ist von allgemeinerem Interesse, daß Landolt seine bekannten Untersuchungen zur Frage, ob das Gesamtgewicht bei chemischen Umwandlungen eine Änderung erleide, zum Abschluß gebracht hat mit dem Ergebnis, daß solche nicht festgestellt werden konnte. Das Helium ist wiederum — hoffentlich endgültig — verflüssigt (H. Kamerling Onnes); bei der Abkühlung durch Expansion von flüssigem Wasserstoff entstand aus Heliumgas, das auf 100 Atm. komprimiert war, eine farblose Flüssigkeit von der Dichte 0,154 und dem Siedepunkt 4,5°. Auch die Statistik ist ausgiebig berücksichtigt, so ist u. a. die Welterzeugung für die wichtigsten Metalle angegeben; sie betrug z. B. beim Eisen für das Jahr 1907 (für 1908 ist sie noch nicht ganz feststehend) 60679814 t, wozu die drei Haupteisenländer: Vereinigte Staaten (rund) 26 Millionen, Deutschland 13 Millionen, England 10 Millionen beitrugen. In biologischer Hinsicht seien als besonders wertvoll die Abschnitte über Physiologische Chemie und Agrikulturchemie hervorgehoben. Das Jahrbuch sei von neuem warm empfohlen. *O.*

Grundriß der Chemie für den Unterricht an höheren Lehranstalten von Dr. F. Rüdorff, Ausgabe B. 14. Auflage. Bearbeitet von Prof. Dr. Arthur Krause. Berlin, H. W. Müller, 1908. 312 S.

Da die von Prof. Krause bearbeitete (13.) Auflage des Rüdorffschen Grundrisses bereits eine eingehende Besprechung in dieser Zeitschr. (*XVIII 312*) gefunden hat, so genügt es auf das Erscheinen der neuen Auflage empfehlend hinzuweisen. Die Anzahl der Figuren ist vorteilhaft vermehrt worden, zumal durch Hinübernahme von Figuren der Lüpkeschen Bearbeitung. Ferner sind einige theoretische Abschnitte zweckentsprechend erweitert bzw. umgeordnet worden, doch ist der Charakter des Ganzen als eines systematischen Lehrbuches gewahrt geblieben. Die ausgeführten Änderungen gereichen dem Buche

nur zum Vorteil. Einzelne Widersprüche — z. B. heißt es S. 23, daß bei der Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff „eine sehr hohe Temperatur, 2500—3000°“ entstehe, während auf S. 98 begründet wird, „daß die Hitze der Knallgasflamme nur gegen 2000° betragen kann“ — werden sich leicht bei einer Neuauflage beseitigen lassen. *O.*

Leitfaden der Chemie. Von Dr. K. Scheid, Prof. a. d. OR. u. RG. zu Freiburg i. Br. Unterstufe. Leipzig, Quelle u. Meyer, 1908. 113 S. Geb. M 1,40.

Der Leitfaden ist methodisch angelegt. Er hat mit verschiedenen ähnlichen Leitfäden das gemeinsam, daß der Lehrgang in eine beschränkte Zahl von Abschnitten geteilt ist, denen hauptsächlich bestimmte Ausgangskörper zugrunde gelegt sind. In 16 Abschnitten werden behandelt: I. Kreide und Kalkstein, II. Luft, III. Schwefelsäure, IV. Wasser usw. bis XVI. Kieselsäure. Die Abfassung des Ganzen läßt zwar die Feder eines sachkundigen Praktikers erkennen, dennoch möchten wir einige Bedenken aussprechen. Daß die „Luft“ nicht am Anfange steht, sondern durch ein besonderes Kapitel vorbereitet wird, soll als ein Vorzug lobend hervorgehoben werden, wenn wir uns auch mit der Art der Vorbereitung nicht einverstanden erklären können. Es werden Kreide und Kalk geglüht und an den Produkten der Begriff der Stoffveränderung gewonnen — das mag sich noch rechtfertigen lassen, obgleich für den ersten Anfang viel sinnfälligere Erscheinungen bzw. Körper erwünscht sind, deren es in genügender Zahl gibt. Wenn dann der Begriff der Analyse bei solchen partiellen Zerlegungen sowie der der Synthese beim Ablöschen des gebrannten Kalkes gewonnen wird, ohne daß bis zum Begriff des Elementes vorgedrungen ist, so halten wir ein solches Verfahren für keinen Gewinn. Der Begriff des Elementes wird erst auffällig spät (auf S. 48) aufgestellt. Ein besonderes Merkmal des Lehrganges ist ferner die starke Berücksichtigung des Quantitativen, der stöchiometrischen Beziehungen. Es finden sich ausnehmend viele, hauptsächlich auf Wägungen basierte Berechnungen im Text durchgeführt, und zahlreiche stöchiometrische Rechnungen werden in den vielfach eingestreuten Aufgaben verlangt. So unerläßlich die Berücksichtigung des Quantitativen zur Gewinnung mancher Gesetze ist, und so sorgfältig einige Versuche und Berechnungen auch hier durchgeführt sind, so scheint uns doch in der vorliegenden Zahl von Beispielen und Rechnungen das für den Anfangsunterricht zweckentsprechende Maß beträchtlich überschritten. Es ist zu berücksichtigen, daß solche Berechnungen meist ziemlich viel Zeit beanspruchen, ferner auch, daß dabei meistenteils das Interesse mancher sonst gut eindringender Schüler erlahmt; ferner ist es in verschiedener Hinsicht mißlich, viel Wägungen bis auf Hundertstel- oder nur Zehntel-Gramm Genauigkeit im Unterricht vorzunehmen — auf diesen Punkt wurde wiederholt in dieser Zeitschrift von verschiedenen Autoren hingewiesen. Dennoch soll die Sorgfalt mancher durchgeführten Rechnung von neuem anerkannt werden; auch wird es dem erfahrenen Lehrer möglich sein, das vorhandene Zuviel durch entsprechende Kürzungen und Auslassungen zu paralysieren.

Beim Lehrgang der Luft läßt die Induktion zu wünschen übrig. Die Folgerung z. B.: „Da er [Stickstoff] etwas leichter ist als Luft, so muß der andere, vom Kupfer aufgezehrte Luftbestandteil etwas schwerer sein“ (S. 16), ist insofern nicht am Platze, als sie eine Antizipation einschließt, nämlich, daß die Luft ein Gemenge ist. Der Versuch tritt öfters nur unzureichend vermittelt, nicht genügend gefordert auf. Aus der ungleichen Löslichkeit von Sauerstoff und Stickstoff in Wasser ist eine unrichtige Folgerung gezogen; es heißt dort (S. 18): „Ein Liter Wasser von 0° enthält annähernd 40 ccm Sauerstoff gelöst neben nur 20 ccm Stickstoff.“ Hier ist der Partialdruck der beiden Gase nicht berücksichtigt; in Wirklichkeit wird dadurch das Verhältnis der in Wasser gelösten Mengen beider Gase nahezu das umgekehrte. Bezüglich der Art der Drucklegung im ganzen ist zu bemerken, daß durch den gleichmäßig fortlaufenden Text, bei dem nur gewöhnlicher und gesperrter Satz verwendet ist, alles Gesperrte etwas zu gleichwertig erscheint. Es ist dadurch für den Unterrichtsgebrauch die Übersicht erschwert, und es treten die Hauptbegriffe und Hauptgesetze nicht genügend hervor. Diesen Einwänden gegenüber sei aber nochmals hervorgehoben, daß der Leitfaden eine in verschiedener Hinsicht wertvolle Arbeit darstellt. Zu erwähnen bleibt noch, daß der Leitfaden im Vorwort als eine „Ergänzung des Schmeilschen Unterrichtswerkes“ bezeichnet wird. *O.*

Chemie für Techniker. Leitfaden für Bau- und Maschinentechniker. Von Dr. O. Schmidt,

Prof. a. d. Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Stuttgart, K. Wittwer, 1909. 165 S. Geb. M 2,80.

Der Leitfaden gibt auf acht Seiten eine allerdings sehr kurz und elementar gefaßte Einleitung über die ersten Grundbegriffe und behandelt in systematischer Folge die Metalloide und Metalle, wobei die technologisch wichtigsten Stoffe an der Hand guter Abbildungen eingehender berücksichtigt sind. Das hauptsächlich für Baugewerkschulen und Techniker bestimmte Buch ist seinen Zwecken gut angepaßt. *O.*

Programm-Abhandlungen.

Ein Beitrag zur Förderung des Unterrichts in der Meteorologie. Von Dr. Georg Bauer. Gymnasium und Realschule zu Greifswald, Ostern 1908. 42 S. Pr. Nr. 187.

Der Verfasser macht auf Grund mehrjähriger Erprobung praktische Vorschläge, für die Berücksichtigung der Meteorologie auf der Schule. Er macht das Interesse der Schüler für die Meteorologie auf zwei Arten rege, durch die Anstellung eigner Beobachtungen und durch fortgesetzte Anleitung zum Studium der im Schulgebäude ausgehängten Wetterkarten. Die ersteren beziehen sich auf regelmäßige Ablesung der Angaben von Barometer, Thermometer, Hygrometer und Regenmesser, wobei namentlich auch die graphische Darstellung geübt wird. Die Wetterkarten werden nicht nur zum Vergleich mit den lokalen Ablesungen, sondern auch zu Berichten über den wöchentlichen Gang des Wetters, zur Zusammenstellung von Niederschlagshöhen verschiedener Orte nach den Jahreszeiten, zur Darstellung des Ganges der Temperatur im Lauf des Jahres und des damit zusammenhängenden Klimas, zur Gradientbestimmung und zur Einführung in die Elemente der Wetterbeurteilung benutzt, während der Verf. von der Verleitung zum eigenen Aufstellen von Prognosen abrät. Die lesenswerten Ausführungen zeigen, wieviel sich auf die angegebene Weise, allerdings nicht ohne einige Mühe für den Lehrer, aus dem meteorologischen Stoff an Bildungselementen herausholen läßt. *P.*

Versammlungen und Vereine.

Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts.

18. Hauptversammlung zu Freiburg i. B., 2.—5. Juni 1909.

Die erste allgemeine Sitzung am 1. Juni wurde durch Ansprachen des Direktors der Oberrealschule Herrn Dr. Martin, des Geh. Hofrats Treutlein vom großh. Oberschulrat, des Herrn Geh. Rats Lüroth im Namen der Universität, des Herrn Oberbürgermeisters Winter im Namen der Stadt und durch eine Erwiderung des Vorsitzenden Prof. F. Pietzker eröffnet. Danach erstattete Herr Dr. Bastian Schmidt ein Referat über den biologischen Unterricht in den Oberklassen unter besonderer Berücksichtigung der Schülerübungen. Aus der anschließenden Diskussion (über die ausführlich in den *Unterrichtsbl. f. Math. u. Naturw. 1909, Nr. 4* berichtet ist) sei besonders erwähnt, daß von mehreren Seiten die Bestimmung des ministeriellen Erlasses, wodurch die Einführung der Biologie von einem Beschluß des Lehrerkollegiums abhängig gemacht werde, als eins der Haupthindernisse für die raschere Einführung des Biologie-Unterrichts bezeichnet wurde, der bisher nur an den Oberrealschulen festen Fuß gefaßt habe; auch sei energischer Widerstand dagegen zu leisten, daß an den Gymnasien die Biologie auf Kosten der ohnehin schon knapp bedachten Physik eingeführt werde, vielmehr sei an den Gymnasien für jetzt nur fakultativer biologischer Unterricht anzustreben. —

Am selben Tage fanden nachmittags zwei Abteilungssitzungen statt. In der einen sprachen Brocke (Zabern) über die Winkel an zwei Geraden, die von einer dritten geschnitten werden, und Grünbaum (Bingen) über den mathematischen Unterricht an einem Technikum; in der andern Kewitsch (Freiburg i. B.) über die Entstehung des 60-Systems und Rohrbach (Gotha) über den logarithmischen Rechenschieber. In einer kombinierten physikalisch-naturwissenschaftlichen Sitzung demonstrierte Herr K. T. Fischer (München) einige „einfache Gegenstände für Schülerübungen“ und deren billige Herstellung; einen Apparat zur Bestimmung des Siedepunkts, einen Apparat für kalorimetrische Messungen, Spiralfedern für ein Kräfteparallelogramm, dicke planparallele Glasplatten

und Prismen für optische Versuche, Rheostaten aus Manganindraht u. a. — Herr GRIMSEHL (Hamburg) führte „bewegliche Wandtafelzeichnungen für den physikalischen Unterricht“ vor, u. a. Modelle von Luftpumpenhahn, Dampfkolbensteuerung, Druckpumpe, Gasmotor, Dynamomaschine; derselbe führte einen Versuch mit abfliegender Kugel zur Messung der Geschwindigkeit eines Pendels beim Durchgang durch die Ruhelage vor. — Herr LEIBER (Freiburg) hielt einen Demonstrationsvortrag „über spontane Quer- und Längsteilung bei Hydra“.

Am zweiten Versammlungstage führte Herr Dr. GAEDE im physikalischen Institut die von ihm konstruierte Luftpumpe vor und machte damit eine Reihe von Versuchen, u. a. das Anblasen einer Zungenpfeife und einer Sirene sowie das Evakuieren (in $1^1/_2$ Min.) bis zur Erzeugung von Kathodenstrahlen und dann von Röntgenstrahlen.

In der 2. allgemeinen Sitzung hielt Herr Dr. GEISSLER (Luzern) einen Vortrag über „methodische Wege für dauernden Zusammenhang mit den übrigen Unterrichtsfächern“. Daran schloß sich eine ausgedehnte Diskussion über die Meraner Vorschläge in der Praxis des mathematischen Unterrichts mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungen.

In der darauf folgenden Geschäftssitzung wurden die Herren LENK, PIETZKER und SCHMID in den Vorstand wiedergewählt, doch verzichtete Herr PIETZKER unter allseitigem lebhaften Bedauern auf die Annahme der Wiederwahl; ihm wurde die Würde eines Ehrenvorsitzenden verliehen, während THAER (Hamburg) den Vorsitz übernahm.

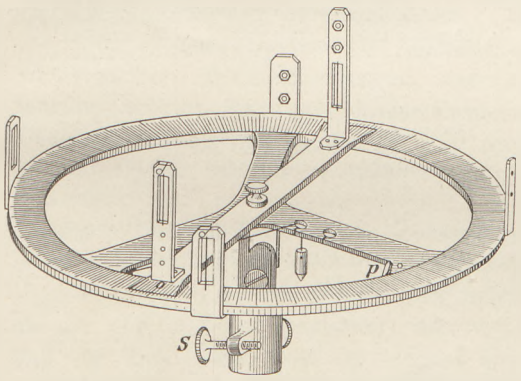
Außer einer Reihe von Besichtigungen fanden in den nächsten beiden Tagen noch geologische Exkursionen nach Badenweiler und nach dem Kaiserstuhl statt. *P.*

Mitteilungen aus Werkstätten.

Feldwinkelmesser nach Ohmann[1]).

Technisches Institut von Dr. ROBERT MUENCKE, Berlin NW, Luisenstr. 58.

Am „Feldwinkelmesser“ sind einige Verbesserungen vorgenommen worden, über die hier kurz berichtet werden soll. Zum Einstellen des Fadenpendels ist an Stelle der auf-



rechten Spitze eine kleine horizontale Scheibe (d = 0,67 cm) mit zwei eingravierten, rechtwinklig sich kreuzenden Linien getreten (s. Fig. bei p). Ferner sind bei jedem der vier das Winkelkreuz bildenden Visiere die beiden Durchlaßöffnungen der Schräubchen etwas seitlich erweitert worden, so daß, nach Lockerung der letzteren, das Visier etwas seitlich verstellt werden kann behufs Korrektion einer etwaigen, durch Zufall eingetretenen Ungenauigkeit in der rechtwinkligen Durchschneidung der beiden Absehlinien. Da zu dieser Korrektion die Verstellung an einem einzigen Visier genügt, so ist dasjenige zu wählen, das gemäß der Orientierung an der Teilung am meisten dazu geeignet ist. Dieselbe kleine Verbesserung ist auch bei den beiden hohen Visieren des Zeigers angebracht. Außerdem ist die Hülse, mit der der Apparat auf dem Dorn des Stativs ruht, nicht mehr zylindrisch, sondern etwas konisch gehalten, so daß die Einpassung auf den entsprechend konisch gehaltenen Dorn noch stabiler ist. Um beim rechtwinkligen Umklappen des Apparates (zwecks Messung von Höhen- und Tiefenwinkeln) die Neigung genauer regulieren zu können, ist schließlich an der Hülse eine seitliche Schraube S angefügt, die gegen einen an der einen Speiche angebrachten Anschlag geführt wird. Der Preis des Feldwinkelmessers mit den angegebenen Verbesserungen beträgt einschließlich des im letzten Jahrzehnt nötig gewordenen Fabrikationszuschlages von 10 % M 30,—.

[1]) Vgl. diese Zeitschr. *X*, *167*.

Himmelserscheinungen im Oktober und November 1909.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		Oktober						November					
		5	10	15	20	25	30	4	9	14	19	24	29
☿	AR	$13^h\,31^m$	13 15	12.56	12.46	12.52	13.11	13.36	14. 4	14.35	15. 6	15.37	16.10
	D	-13^0	-10^0	-7^0	-4^0	-4^0	-5^0	-8^0	-11^0	-14^0	-17^0	-19^0	-22^0
♀	AR	$15^h\,16^m$	15.40	16. 5	16.30	16.55	17.20	17.45	18.10	18.35	18.59	19.22	19.45
	D	-20^0	-21	-23	-24	-25	-26	-26	-26	-26	-26	-25	-24
☉	AR	$12^h\,43^m$	13. 1	13.19	13.38	13.57	14.16	14.36	14.56	15.16	15.37	15.58	16.19
	D	-5^0	-7	-8	-10	-12	-14	-15	-17	-18	-19	-20	-21
♂	AR	$23^h\,58^m$	23.54	23.51	23.48	23.47	23.48	23.49	23.52	23.56	0. 0	0. 6	0.12
	D	-5^0	-5	-5	-5	-4	-4	-3	-3	-2	-1	0	$+1$
♃	AR	$11^h\,57^m$		12 4		12.12		12.19		12.26		12.33	
	D	$+2^0$		$+1$		0		-1		-2		-2	
♄	AR	$1^h\,20^m$						1.11					
	D	$+5^0$						$+5$					
☉	Aufg.	$6^h\,8^m$	6.17	6.26	6.35	6.44	6.53	7. 3	7.12	7.21	7.30	7.39	7.47
	Unterg.	$17^h\,28^m$	17.16	17. 5	16.54	16.41	16.33	16.24	16.15	16. 7	16. 0	15 54	15 50
☾	Aufg.	$21^h\,2^m$	1.31	7.19	13. 8	15.59	17.35	22. 5	2.50	8.44	13.19	14.54	17.29
	Unterg.	$13^h\,47^m$	16.38	17.43	20. 5	1. 9	8.43	14. 1	15.27	16.47	21.25	3. 6	10.17
Sternzeit im mittl. Mittg.		$12^h\,53^m\,56^s$	13.13.39	13.33.21	13.53. 4	14.12.47	14.32.30	14.52.13	15.11.55	15.31.38	15.51.21	16.11. 4	16.30.46
Zeitgl.		$-11^m\,25^s$	-12.50	-14.4	-15.3	-15.47	-16.14	-16.21	-16.7	-15.32	-14.36	-13.20	-11.45

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
				Okt. 6, $7^h\,44^m$
	Okt. 14, $9^h\,13^m$	Okt. 22, $8^h\,4^m$	Okt. 28, $23^h\,7^m$	Nov. 4, $22^h\,38^m$
	Nov. 13, $3^h\,18^m$	Nov. 20, $18^h\,29^m$	Nov. 27, $9^h\,52^m$	

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Oktober	Ende d. Monats morgens $^3/_4$ Stunden lang im Osten sichtbar	abends zuletzt $1^1/_4$ Stunden lang sichtbar	bis gegen morgen sichtbar	wird im Anfang des Monats morgens sichtbar	die ganze Nacht hindurch sichtbar. Opposition am 13.
im November	wird Mitte des Monats wieder unsichtbar	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf $2^1/_2$ Stunden	die Sichtbarkeitsdauer sinkt auf $8^3/_4$ Stunden	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf $4^1/_2$ Stunden	bis gegen morgen sichtbar

Eine in Deutschland **unsichtbare, totale Mondfinsternis** ereignet sich in den Vormittagsstunden des 27. November. Im nordwestlichen Europa kann der Beginn der Finsternis noch beobachtet werden, in Deutschland geht der Mond vor dem Beginn der Finsternis ($8^h\,11^m$) unter.

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

Okt. 1	19^h	β Lyrae-Min.	Okt. 20	18^h	ζ Gemin.-Max.	Okt. 30		R Lyrae-Min.
4	21^h	β Lyrae-Max.	21	$21^h\,14^m$	λ Tauri-Min.	30	21^h	ζ Gemin.-Max.
6		R Lyrae-Max.	25	$20^h\,6^m$	λ Tauri-Min.	Nov. 22		R Lyrae-Max.
11	$20^h\,29^m$	Algol-Min.	25	21^h	ζ Gemin.-Min.	23	$20^h\,44^m$	Algol-Min.
15	18^h	ζ Gemin.-Min.	29	$18^h\,58^m$	λ Tauri-Min.	26	$17^h\,33^m$	Algol-Min.
17	19^h	β Lyrae-Max.						

F. Koerber.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.